Expansionsmöglichkeiten des Energiepotentials Brasiliens durch Atomenergie

DISSERTATION
zur Erlangung der Würde eines Doktors
der Staatswissenschaften
vorgelegt der Philosophisch-Historischen Fakultät
der Universität Basel

von
KLAUS PAULUS
aus São Paulo, Brasilien

1962

VERLAG P. G. KELLER - WINTERTHUR 1962

Expansionsmöglichkeiten des Energiepotentials Brasiliens durch Atomenergie

DISSERTATION
zur Erlangung der Würde eines Doktors
der Staatswissenschaften
vorgelegt der Philosophisch-Historischen Fakultät
der Universität Basel

von
KLAUS PAULUS
aus São Paulo, Brasilien

VERLAG P. G. KELLER - WINTERTHUR 1962

Genehmigt von der Philosophisch-Historischen Fakultät auf Antrag der Herren Prof. Dr. E. Salin und Prof. Dr. H. Guth.

Basel, den 5. März 1962

Prof. Dr. G. Bombach
Dekan

Unter gleichem Titel im gleichen Verlag im Buchhandel.

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546021_0031

VORWORT

Die Anregung zur vorliegenden Studie ist von der Veröffentlichung der *List Gesellschaft „Zur Ökonomik und Technik der Atomzeit"* [1] ausgegangen. Die an sich reizvolle Aufgabe, die sich stetig stärker befruchtenden Wechselbeziehungen zwischen Atomenergie, Automation und Elektronik (in steigendem Masse werden auch die Kunststoffe teilhaben) aufzuzeigen und die ökonomisch wie soziologisch tiefgreifenden Auswirkungen der *„neuen Etappe der industriellen Revolution"* [2] für die Entwicklungsländer zu untersuchen, wurde nach Rücksprache mit Herrn Professor *Salin* wegen der ausserordentlichen Weite des Problemkreises auf die Anwendung der Atomkraft im Heimatland des Autors allein beschränkt.

Im Laufe zweier Reisen nach Brasilien verschob sich der Akzent allerdings ein wenig zugunsten der klassischen Energiewirtschaft, weil durch brasilianische Ministerien, Banken, Planungs- und Beratungsämter zahlreiche Aufforderungen ergingen, auch die herkömmlichen Energieträger und ihre Entwicklung einmal zusammenfassend aus der Sicht des Nationalökonomen und nicht durch die Brille eines nationalistisch denkenden Politikers darzustellen. Den vielfachen Wünschen nachkommend, wurde darum der erste Teil *„Das klassische Energiepotential Brasiliens"* ausführlicher behandelt und die die energiewirtschaftliche Entwicklung hemmenden Momente stärker hervorgehoben, als dies ursprünglich vorgesehen war. Auf eine in viele Details führende Analyse musste allerdings aus Mangel an Unterlagen, vor allem an *„glaubwürdigem"*, sich nicht widersprechendem statistischem Material jüngeren Datums verzichtet werden. Die vorliegende Arbeit stützt sich darum im wesentlichen auch nur auf die verfügbare offizielle Bundesstatistik, die zwar viele Lücken aufweist, dafür aber nicht im Ruf steht, nach Zweckgesichtspunkten aufgemacht zu sein.

Grosser Dank für wertvolle Ratschläge und zahlreiche Einführungen zu den Archiven der deutschen und amerikanischen Konsulate, verschiedener Handelskammern und einiger grosser Tageszeitungen von Brasi-

---

1) *Zur Ökonomik und Technik der Atomzeit,* herausgegeben von *H. W. Zimmermann* im Auftrage der List Gesellschaft, Tübingen 1957.

2) Siehe: *E. Salin,* Vor einer neuen Etappe der industriellen Revolution, in: Kyklos, Vol VIII, fasc I, 1955. Unsere spanischsprechenden Leser verweisen wir auf die Übersetzung: La energia nuclear, nueva etapa de la revolución industrial, in: Es Trimestre Economico (Mexiko), Vol XXIII, Juli/September 1956.

lien gebührt in São Paulo den Herren Generalkonsul a. D. *Dr. Wolfgang Krauel, Ernst-Günther Lipkau, Luís Mendonça de Freitas* und *Marcelo Damy de Souza Santos.*

Reges Interesse am Fortgang der Arbeit zeigten in Rio de Janeiro der Wirtschaftswissenschaftliche Beirat der Regierung, die Nationale Bank für Wirtschaftsentwicklung und das Institut für Atomenergie. Hier konnten in persönlichem Gespräch wertvolle Informationen gewonnen werden. Vor allem fühle ich mich Herrn Minister *Dr. O. A. Dias Carneiro* für seine freundliche Hilfsbereitschaft tief verpflichtet.

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung 1

Erster Teil

Das klassische Energiepotential Brasiliens

I. Die Kohlewirtschaft 5

1. Lagerstätten und Vorräte 5

2. Produktion und Veredelung 7
a) Die Entwicklung der Förderung 7
b) Die Veredelung der minderwertigen Kohle 7

3. Entwicklungsprobleme 8

II. Die Erdöl- und Erdgaswirtschaft 13

1. Erdöl- und Erdgasförderung 13
a) Geschichte der Erdölförderung 13
b) Stand der Erdölförderung 16
c) Stand der Erdgasförderung 17

2. Erdölverarbeitung 18

3. Erdölverteilung 19

4. Entwicklungsprobleme 21

III. Die Elektrizitätswirtschaft 24

1. Geschichtliche Entwicklung 24

2. Die Elektrizitätsgesellschaften 27

3. Stromerzeugung und Stromverbrauch 28
a) Die Stromerzeugung 28
b) Der Stromverbrauch 30

4. Ausbaupläne der Elektrizitätswirtschaft 31
a) Projekte und Pläne in den unentwickelten Gebieten 31
b) Projekte und Pläne in den entwickelten Gebieten 33

5. Entwicklungsprobleme 35

IV. Versuch einer Energiebilanz 37

Zweiter Teil

Einsatzmöglichkeiten von Atomenergie in Brasilien

I. Stand der Leistungsreaktoren-Entwicklung 43

II. Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Atomenergie 49

III. Die günstigen Voraussetzungen für den Einsatz von Atomkraft in Brasilien 55

1. Die Brennstoffvorkommen 55
   a) Die Uranvorkommen 55
   b) Die Thoriumvorkommen 57
   c) Die Lithiumvorkommen 58

2. Brasiliens Reichtum an spezifischen Reaktormaterialien 59

3. Die Möglichkeiten des Lizenzbaues bewährter Reaktortypen 63

IV. Projekte für den Einsatz von Atomkraft in Brasilien 65

1. Drei Projekte für den Bau von Atomkraftwerken 65

2. Das Mambucaba-Projekt in der Mittel-Süd-Region 69

V. Standort- und raumpolitische Auswirkungen der Kernenergieverwendung für Brasilien 72

VI. Schlussbemerkungen 79

Literaturverzeichnis 80

EINLEITUNG

Brasilien ist flächenmässig der fünftgrösste Staat der Erde und sowohl hinsichtlich Ausdehnung als auch Bevölkerungszahl das grösste Land des südamerikanischen Kontinents. Die über 70 Millionen Einwohner, ein buntes Konglomerat aus indianischer Urbevölkerung, Portugiesen, Negern, europäischen und asiatischen Einwanderern, konzentrieren sich in einem schmalen Streifen längs der Atlantik-Küste und in den industriell und landwirtschaftlich entwickelten Staaten Mittel- und Südbrasiliens. Auf Grund von schlechten Verkehrsverbindungen zerfallen jedoch selbst diese dichter besiedelten Landesteile in eine Reihe kleiner und kleinster isolierter Regionalmärkte, von denen allerdings einzelne eine sehr hohe Wachstumsintensität aufweisen und sich zu industriellen Schwerpunkten herausbilden.

In dem sich nach Westen und Norden ausdehnenden Landesinnern machen sich jahrhundertlange kurzsichtige Kolonisierungspolitik, mangelnde Planung und infrastrukturelle Vernachlässigungen bemerkbar. Die hier lebenden Menschen, deren Realeinkommen knapp zur Befriedigung der primitivsten Lebensbedürfnisse ausreicht, bauen meist nur Mais, Bohnen und Maniok an und bleiben dem Wirtschaftskreislauf so gut wie ganz fern. In dem dichter bevölkerten Nordosten sind die Menschen vielfach ins *System der Latifundien* eingespannt und tendieren daher besonders leicht zur *politischen Radikalisierung.*

Die Gefahr ist gross, dass sich im Land zwei wirtschaftlich, sozial und kulturell völlig unterschiedliche Gesellschaften entwickeln. Erst seit der Diktatur von *Getúlio Vargas* — er prägte das Schlagwort vom *„Rumo ao Oeste"* (Kurs nach Westen) — ist es eine der wirtschaftspolitischen Zielsetzungen der brasilianischen Regierung, das immer *spürbarer werdende Ungleichgewicht* zwischen der sich fortschrittlich entwickelnden Küstenzone und den weiten Depressionsgebieten des Binnenlandes zu beseitigen. Das Paulo-Afonso-Kraftwerk zur Energieversorgung des oft von tödlichen Dürren heimgesuchten Nordostens, die fertiggestellte transkontinentale Eisenbahnlinie, Fernverkehrsstrassen und nicht zuletzt die Gründung und Errichtung der neuen Hauptstadt Brasilia im Hochland von Goiás, tragen bereits dazu bei, die Kontraste zu mildern. Es fragt sich allerdings, ob die Erschliessung des Landesinnern nicht erfolgversprechender über den Abbau der reichen Bodenschätze als über hochtrabende Projekte von vermutlich geringer Wirtschaftlichkeit erfolgen könnte, die letztlich nur dem nationalen Prestige und Stolz

dienen sollten und sich nur mittels einer ungezügelten Inflationspolitik verwirklichen lassen. Im brasilianischen Boden lagern die grössten Manganerz- und Bergkristallvorkommen sowie ein Drittel aller Eisenerze der Erde, ferner unübersehbare Reserven an Zirkon-, Titan-, Chrom- und Wolframerzen, an Gold, Silber, Bauxit, Beryllium, Niobit, Tantalit, Zinn, Nickel, Phosphat, Erdöl usw., die sinnvoll abgebaut, zur Hebung des Lebensstandards beitragen könnten. Statt dessen wird die Ausbeutung durch die Verfassung und durch ein besonderes Berggesetz (Código de Minas) eingeengt.

Die wirtschaftliche Entwicklung Brasiliens ist gekennzeichnet durch eine *Folge* von *exportorientierten Monokulturen,* die meist zugleich eine *Monopolstellung* auf dem Weltmarkt einnahmen. Das rote *Brasil-Holz* war als begehrter Farbrohstoff und als Schiffsbaumaterial bis Mitte des 16. Jahrhunderts der wichtigste Exportartikel. Während der nachfolgenden *Zucker-Epoche* begann der Sklavenhandel, und mit ihm entstand der aristokratische Grossgrundbesitz. Brasiliens Rohrzuckerabsatz ging erst zurück, als 1808 die Kontinentalsperre Englands den Kolonialzucker vom europäischen Markt verbannte und Napoleon den Zuckerrübenanbau förderte. Fast gleichzeitig verlor auch der *Gold- und Diamantenexport,* der — angeregt durch die merkantilistischen Bestrebungen Portugals — im 17. Jahrhundert zum Zuckerhandel hinzugetreten war, seine Bedeutung. Kurze Zeit nahm der Anbau von *Tabak* und *Baumwolle* eine führende Stellung ein, konnte sich aber wegen schwerer Dürren und der Aufhebung der Sklaverei nicht behaupten.

Eine goldene Zeit brachte der *Gummi-Boom* zwischen 1860 und 1910. Seine weltmarktbeherrschende Position als Rohgummilieferant verlor Brasilien, als es gelang, Kautschuksamen aus den tropischen Regenwäldern des Amazonasbeckens nach Indonesien zu schmuggeln und dadurch die Grundlage für die dortigen Plantagenkulturen zu schaffen. Der Niedergang der Kautschukausfuhr konnte im wesentlichen durch den stark einsetzenden *Kaffee-Export* ausgeglichen werden. Grosse Waldgebiete wurden niedergebrannt, um den von Norden nach Süden vordringenden Kaffeeplantagen Platz zu machen. Die *„Valorisierungspolitik",* mit der man die schon sehr bald entstandene *Überproduktion* künstlich zu verringern suchte — Kaffee wurde aufgekauft, versiegelt und im Ausland gelagert —, blieb erfolglos, weil sich zwar die Ausfuhr kontrollieren liess, nicht aber die Produktion (innenpolitische Gründe). So mussten schliesslich zwischen 1931 und 1944 78,2 Millionen Sack Kaffee vernichtet werden. Die *Unelastizität gegenüber der Nachfrage* bildet heute wieder ein zentrales Problem der brasilianischen Volkswirtschaft; gerade in den letzten Jahren hat die Überproduktion erneut ein erhebliches Ausmass angenommen. Die Preisnotierungen auf dem

Kaffeeweltmarkt weisen deutlich einen rückläufigen Trend auf, und die einst führende Position Brasiliens als Angebotsmonopolist wird durch das starke Aufkommen der afrikanischen Konkurrenz mit teilweise hervorragenden Qualitäten laufend schwächer.

Mit der Ausrichtung auf ein einziges Exportprodukt machte Brasilien im Laufe seiner Entwicklung bittere Erfahrungen. Erst nach dem ersten Weltkrieg begann man, sich vom Prinzip der Monokulturen abzuwenden und die landwirtschaftliche Produktion auf eine breitere Grundlage zu stellen. Eine zunächst bescheidene *Konsumgüterindustrie* entstand mit den grossen Einwanderungswellen, die sich dann vor und während des zweiten Weltkrieges sehr schnell auf Kosten der Agrarwirtschaft entwickelte.

Einen eigentlichen Industrialisierungsanreiz löste 1939 der zweite Weltkrieg aus, der den für Brasilien zuvor sehr bedeutenden Handel mit Europa fast zum Erliegen brachte [1]. Da bei dem geringen Sparvolumen *die Kapitalbildung* zur Finanzierung der Industrialisierung allein nicht ausreichte, schaffte der Staat *künstliche Hilfe* durch *„zusätzlichen Notendruck"* [2]. Hinzu kam, dass die kriegführenden Mächte brasilianische Erzeugnisse zu steigenden Preisen in jeder nur verschiffbaren Menge kauften, was das Land in eine äusserst liquide Finanzlage brachte. Auf der anderen Seite gab es keine der dringend benötigten Kapitalgüter zu kaufen; man musste zu grossen Notenemissionen schreiten, um den Exporteuren ihre entstandenen Dollar- und Sterlingguthaben gegen Landeswährung abnehmen zu können. Obwohl mit dem Ende des Krieges die Ausfuhr brasilianischer Güter fast völlig versiegte, gelang es bis heute nicht, die einmal ausgelöste Inflation zum Stillstand zu bringen. Inzwischen haben sich die Nachkriegsregierungen an diese *„bequem"* gewordene Finanzierungsmethode gewöhnt. Sie mag den Vorteil haben, eine beachtliche Binnenkonjunktur aufrechtzuerhalten; auf der anderen Seite verschärft der *Kaufkraft-Zerfall* die sozialen Gegensätze erheblich — und zwar trotz der aktiven, die gesetzlichen Mindestlöhne höher treibenden Gewerkschaftspolitik. Gegen die Finanzierung über den Notendruck zu polemisieren, dürfte indes solange fruchtlos sein, als ein reines, machtbewusstes Präsidialregime herrscht, und solange diesem ein unvollkommener und ergebener Parlamentarismus gegenübersteht.

In Anlehnung an den *List*schen Gedanken der Erziehungszölle wurden in den Nachkriegsjahren ganze Industriezweige unter dem Schutz

---

1) Zahlen und nähere Einzelheiten über die Veränderung des Handelsvolumens siehe bei: O. da Rocha Diniz, A estrutura e o desenvolvimento econômico do Brasil, São Paulo 1957.

2) Vgl. R. Richers, Vom Wesen der brasilianischen Zahlungsbilanz, in: Staden-Jahrbuch Bd. 5, São Paulo 1957, S. 114.

hoher Zollmauern eingebürgert. Gegenwärtig verfügt Brasilien neben der hergebrachten Textilindustrie über eine gut ausgerüstete Schwerindustrie, eine Maschinen- und Apparateindustrie, eine Auto- und Schiffsbauindustrie, eine chemische Industrie, Kunststoff- und Papierindustrie, Ölraffinerien usw.

Mit der ausgelösten Industrialisierungswelle und dem überaus schnellen Heranwachsen neuer Verbraucherschichten können namentlich die *Energieproduktion* und das *Transportwesen* nicht Schritt halten. Es soll die Aufgabe dieser Studie sein, die brasilianische *Energiewirtschaft* zu untersuchen und die *Expansionsmöglichkeiten des Energiepotentials durch Atomenergie* aufzuzeigen.

Erster Teil

DAS KLASSISCHE ENERGIEPOTENTIAL BRASILIENS

I. Die Kohlewirtschaft

1. Lagerstätten und Vorräte

Die bisher bekannten Kohlevorkommen Brasiliens liegen ausschliesslich im Süden des Landes, und zwar in den Bundesstaaten Rio Grande do Sul, Santa Catarina und Paraná. Eine erste umfassende geologische Untersuchung der südbrasilianischen Kohlevorkommen führte *White* [1] durch, auf dessen grundlegender Klassifikation dann auch spätere Studien basieren. In den Studien jüngerer Geologen [2] wird versucht, die genaue Lage der Vorkommen sowie deren Verlauf und die Flözmächtigkeit zu bestimmen. *Putzer* vermittelt darüber hinaus ein klares Bild vom heutigen Stand geologischer Forschungsarbeiten in den Mineralgebieten Brasiliens [3].

Rio Grande do Sul: Im Staate Rio Grande do Sul wird zwischen dem Nordrevier und dem Südrevier unterschieden [4]. Im Nordrevier befinden sich mit den Becken von Butiá, Recreio, Leão und Arroio dos Ratos ausgedehnte Kohlelager, die zumeist im Tagebau ausgebeutet werden. Obwohl die Flöze des Südreviers entschieden mächtiger sind, werden hier nur wenige Schichten im Candiota-Feld abgebaut, weil der Aschegehalt rund 50 % beträgt und nach solch minderwertigen Sorten nur eine geringe Nachfrage besteht.

Während ältere brasilianische Schätzungen die Kohlevorräte von Rio Grande do Sul zwischen 500 und 600 Mio. t beziffern, sprechen jüngere Schätzungen bereits von 1205 Mio. t [5]. Da die geologischen Sucharbeiten

1) *I. C. White,* Studies of the Coal Mines of Southern Brazil 1904—1906, Departamento Nacional da Produção Mineral, Ministerio da Agricultura, Rio de Janeiro 1908.

2) Vgl. beispielsweise: *H. Putzer,* Camadas de carvão mineral e seu comportamento no Sul de Santa Catarina, Departamento Nacional da Produção Mineral, Bol. 91, 1952.

3) *H. Putzer,* Mineralmacht Brasilien São Paulo, 1956.

4) Ebenda, S. 81 ff.

aber noch nicht abgeschlossen sind, erfahren möglicherweise die jüngsten Vorratsschätzungen weitere Korrekturen. Inwieweit es sich bei den neuentdeckten Kohlefeldern um *wirtschaftlich abbauwürdige* oder um nur *technisch abbaufähige* Vorkommen handelt, ist bislang nicht bekanntgeworden.

Paraná: Im Staate Paraná wurde mit der Erforschung der Lagerstätten erst unter dem Druck der Kohleknappheit des zweiten Weltkrieges begonnen [6]. Man schätzt heute die Vorkommen, die sich aus mehreren kleinen Becken im Nordosten des Bundesstaates zusammensetzen, auf ca. 30 Mio. t [7]. Die Kohlen weisen einen sehr hohen Schwefelgehalt auf und eignen sich nicht zur Koksherstellung. Die jährliche Förderung liegt unter der 100 000-Tonnen-Grenze und wird fast ausschliesslich in den Lokomotiven dieses Bundesstaates verfeuert. Höhere Kohleausbringungen wären zweifellos zu erreichen, wenn die gegenwärtig noch primitiven Bergbaumethoden verbessert würden.

Santa Catarina: Die für die Wirtschaft bedeutendsten Kohlevorkommen befinden sich in Santa Catarina, denn im Gegensatz zu den Sorten von Rio Grande do Sul und Paraná ist die hier anzutreffende *Barro-Branco*-Art durchaus *kokbar.* Das Kohlerevier weist eine rechteckige Form von 25 km Breite und 52 km Länge auf und wird durch 26 Bergbauunternehmen ausgebeutet. Über die Reserven liegen sehr widersprechende Zahlen zwischen 800 und 2 000 Mio. t vor [8]. Vorläufig ist die Koksgewinnung noch bescheiden; sie muss angesichts der schnellen Entwicklung der Stahlindustrie wesentlich intensiviert werden [9].

Kleinere Kohlevorkommen entdeckte man in den Bundesstaaten São Paulo und Minas Gerais. Ein abschliessendes Urteil über die Kohlevorkommen im brasilianischen Territorium ist im Augenblick nicht möglich, weil verschiedene Forschungsergebnisse noch ausstehen und besonders die geologischen Verhältnisse des Mittelwestens einer genaueren Untersuchung bedürfen.

---

5) *Deutsch-Südamerikanische Bank*, Wirtschaftsbericht Brasilien Nr. 42, Hamburg 1956, S. 50.

6) Vgl. *G. M. Oliveira*, Carvão mineral do Paraná, D. F. P. M., Bolitim 94, 1953.

7) Information des *Departamento Nacional da Produção Mineral,* Rio de Janeiro.

8) Nach Informationen des *Departamento Nacional da Produção Mineral* sind die Reserven vermutlich noch wesentlich grösser als 2 000 Mio. t.

9) Siehe hierzu: *Institut für Weltwirtschaft Kiel,* Stahlwirtschaftliche Länderberichte, Heft 3: Brasilien, Kiel 1955; ferner: *A industria extrativa da carvão*, in: Desenvolvimento e Conjuntura, Nr. 8, August 1958, und die ökonomisch ausgezeichnet bearbeitete Studie der *Companhia Siderúrgica Paulista,* Memorial sôbre a instalação de uma usina siderúrgica em Piassaguera, Município de Cubatão, Estado de São Paulo, 1954.

2. Produktion und Veredelung

a) Die Entwicklung der Förderung

Bis zum zweiten Weltkrieg wurde der Kohlebedarf Brasiliens vorwiegend aus englischen Importen gedeckt. Während der Kriegsjahre gingen die Einfuhren stark zurück, und der inländische Kohlebergbau konnte sich vergrössern und entwickeln.

Tabelle 1

Die Kohleförderung in Brasilien von 1938 bis 1960 (t)

Jahr	Paranà	Santa Catarina	Rio Gr. d. S.	Sao Paulo	Total
1938	264	171 010	735 950	—	907 224
1945	98 343	815 678	1 139 858	19 002	2 072 881
1948	83 262	1 040 884	895 375	5 468	2 024 989
1950	98 717	1 005 174	854 758	—	1 958 649
1952	83 072	892 821	983 629	—	1 959 522
1954	60 307	996 013	999 147	—	2 055 467
1955	68 054	1 268 637	931 614	—	2 268 305
1956	68 260	1 301 289	864 510	—	2 234 059
1957	87 706	1 223 430	762 264	—	2 073 400
1958	84 016	1 468 913	686 838	—	2 229 767
1959	51 075	1 619 166	659 573	—	2 329 814
1960	59 923	1 626 830	643 335	—	2 330 088

Quelle: Zusammengestellt aus den Statistischen Jahrbüchern Brasiliens (Anuários Estatísticos do Brasil) von 1939 bis 1961.

Wie die Tabelle nachweist, konnte der Kohlebergbau seine im Krieg erreichte Position nicht weiter ausbauen. Die Förderleistungen sind nur in Santa Catarina langsam im Steigen begriffen, während sie in Rio Grande do Sul und Paraná sogar eine rückläufige Tendenz aufweisen.

Der Grund für das *Stagnieren der Kohleproduktion* liegt einerseits in der mangelnden Nachfrage nach den minderwertigen, nicht kokbaren Sorten und zum andern im starken Konkurrenzdruck, den das leichter transportierbare und an Wärmewert überlegene Heizöl ausübt. Die Frage, ob und inwieweit sich die Marktposition der Inlandkohle verbessern lässt, wird im nächsten Abschnitt *„Entwicklungsprobleme"* näher untersucht.

b) Die Veredelung der minderwertigen Kohle

Die Kohlen aus den bisher bekannten Vorkommen müssen wegen ihres hohen Aschegehaltes von durchschnittlich 40 % sehr umfangreiche und kostspielige Wasch- und Sortierprozesse durchlaufen.

Noch während der ersten Nachkriegsjahre war es durchaus üblich, dass beispielsweise das Sortieren und Klassifizieren durch mühsame Handarbeit erfolgte. Heute sind fast ausnahmslos mechanische Veredelungsverfahren eingeführt; selbst mit den modernsten Aufbereitungstechniken gelingt es jedoch nicht, den Aschegehalt der Kohlen auf durchschnittlich weniger als 25 % zu reduzieren. Der Heizwert ist dementsprechend niedrig.

3. Entwicklungsprobleme

Die *stagnierende* Kohleproduktion und die sich stetig verschlechternde Position der Steinkohle im Wettbewerbskampf mit anderen Energieträgern führte anfangs der fünfziger Jahre zur Überzeugung, dass dem Bergbau nur durch *staatliche Intervention* zu helfen sei. 1953 wurde der *„Nationale Kohleplan"* entworfen und kurze Zeit später durch Gesetz verkündet. Zu seiner Durchführung wurde die damals bedeutende Summe von 735 Millionen Cruzeiros bereitgestellt. Die dem Kohleplan vorausgegangenen gesetzlichen Bestimmungen (die brasilianische Industrie musste einen gewissen Prozentsatz von Inlandkohle im Verhältnis zur Importkohle verbrauchen)[10] waren nur von geringer Wirksamkeit, weil sie vielerorts umgangen oder auch einfach völlig ignoriert wurden. Einen erfreulichen Auftrieb hatte dagegen der anlässlich der Gründung des *Conselho Nacional de Minas e Metalurgia* gewährte Sonderkredit von 200 Millionen Cruzeiros ausgelöst, der vor allem die Modernisierung des Bergbaues von Santa Catarina ermöglichte.

Nach dem *„Nationalen Kohleplan"* sollte die jährliche Förderung auf 4 Millionen Tonnen gebracht und neben der Herabsetzung der Produktionskosten eine bessere Verteilung der geförderten Kohle angestrebt werden[11].

Die zunächst dringlichste Aufgabe bestand darin, das Kohle-Transportsystem zwischen Santa Catarina und den nördlichen Verbrauchsschwerpunkten zu verbessern. Denn zusätzlich zu den Gewinnungskosten beeinträchtigten die hohen Transportkosten und die vielen Stokkungen auf dem Weg zum Konsumenten empfindlich die Wettbewerbsfähigkeit der Inlandkohle gegenüber der Importkohle.

---

10) Im Jahre 1931 betrug die Quote 10 %, sie wurde 1937 auf 20 % erhöht.
11) Vgl. *M. Silva Pinto,* Plano nacional do carvão, in: Digesto Econômico Nr. 83, 1950/51.

Tabelle 2

Marktpreise für In- und Auslandskohle in São Paulo und Rio de Janeiro (in Cruzeiros)

	1949	1950	1951
Importkohle (Heizwert 8000 cal.)	360/t	360/t	480/t
Kohle aus Santa Catarina (Heizwert 6000 cal.)	430/t bis 490/t	430/t bis 490/t	430/t bis 490/t

Quelle: *Documentos Parlamentares,* Plano do Carvão Nacional I e II, Projeto Nr. 1.045/51, Diretoria de Documentação e Publicidade 1956, Seite 41.

Trotz umfangreichen Investitionen im Transportsektor ist das Verteilungsproblem selbst heute nicht zur vollen Zufriedenheit gelöst. Die Quaianlagen von Rio de Janeiro sind mit ihren 7 Kilometern Länge völlig unzureichend für den schnell wachsenden Güterverkehr, und die Kohlenfrachter müssen in der Regel mit Wartezeiten auf der Reede von 20 bis 30 Tagen rechnen. Da auch der Weitertransport mit der Eisenbahn zu wünschen übrig lässt, verwandeln sich oftmals anderweitig dringlich erforderliche Güterzüge und teurer Schiffsfrachtraum über Wochen und sogar Monate hin in Kohlesilos [12]. Diese Stockungen reflektieren wellenartig bis in die Kohlezentren zurück, wo die Produktion dann auf Halde gelegt werden muss.

Während der amerikanische und europäische Kohlebergbau trotz erheblicher Schrumpfung vital und zuversichtlich um seine ehemalige Vormachtsstellung unter den Energieträgern kämpft, zeigt Brasiliens Kohlebergbau wenig Kampfgeist und verharrt eher in Resignation. Einmal, weil die schnell voranschreitende Inflation alle etwa errungenen Preisvorteile zunichte macht, und zum anderen, weil die geologischen Gewinnungsverhältnisse die Durchführung der Untertage-Mechanisierung ausserordentlich schwierig gestalten; die Flöze sind meistens dünn und unregelmässig und lassen sich deshalb nur mit arbeitsintensiven Methoden abbauen. Dennoch sollte der Bergbau wenigstens bestrebt sein,

12) Zum Nachteil der an den Wassertransport und Schienenverkehr gebundenen Kohle gereichen auch die geringen Ausbauleistungen im vernachlässigten brasilianischen Eisenbahnwesen. In der Zeit von 1916 bis 1954 hat das Schienennetz von 27 000 km auf nur 37 000 km zugenommen. Dagegen betrug das Strassennetz 1954 bereits 362 000 km. Die Verteilung der Kohle wird darüber hinaus auch noch dadurch behindert, dass der brasilianische Eisenbahnverkehr sich nur auf kleine Räume beschränkt, ohne weite Gebiete zu erfassen oder ein zusammenhängendes Netz zu bilden.

durch Rationalisierungsmassnahmen leistungsfähiger zu werden. Erwähnt sei hier nur die Möglichkeit der Zusammenlegung einzelner Förderanlagen zu Verbundbergwerken und die Errichtung von Zentralaufbereitungsanlagen im Revier selbst [13].

Durch *Schutzmassnahmen* (Kaufzwang) wird versucht, der geringen Kaufneigung der Verbraucher für Inlandkohle entgegenzuwirken. Die Schwerindustrie, die staatliche Schiffahrtsgesellschaft *„Loide Brasileiro"*, die Eisenbahngesellschaft *„Central do Brasil"* und andere mehr sind verpflichtet, *„weitgehend"* Inlandkohle abzunehmen [14].

Tabelle 3

Der brasilianische Kohleverbrauch (t)

Verbraucher	1953			1957		
	Inlandkohle	Importkohle	Total	Inlandkohle	Importkohle	Total
Eisenbahnen	837 191	126 292	963 483	694 820	79 620	774 440
Schiffahrt	102 958	78 968	181 926	58 706	60 586	119 292
Eisen- und Stahlindustrie	254 498	270 479	524 977	265 115	503 177	768 592
Heizkraftwerke	325 748	1 533	327 281	379 438	—	379 438
Gas-Produktion	24 540	261 643	286 183	55 233	312 210	367 443
Verschiedenes	83 712	25 781	109 493	13 128	14 743	27 871
Total	1 628 647	764 696	2 393 343	1 466 440	970 636	2 437 076

Quelle: *A industria extrativa do carvão*, a. a. O., S. 56.

Annähernd 50 % der geförderten Kohle wird von den Eisenbahnen und der Küstenschiffahrt verbraucht. Der an sich hohe Anteil der Verkehrswirtschaft am Kohlekonsum ist aber, wie die obige Tabelle zeigt, im Abnehmen begriffen, weil sich auch in Brasilien die Entwicklung (allerdings langsamer als in anderen Staaten) von der unrationellen Holz- und Kohlefeuerung zum Diesel- und Elektroantrieb hin vollzieht.

In zunehmendem Masse beteiligen sich die thermischen Kraftwerke und die Gasanstalten von Rio de Janeiro, São Paulo, Santos, Pôrto Alegre und Recife am Konsum. Dabei dürften die Gaswerke in den kommenden Jahren als Kohlekonsumenten noch stärker in den Vordergrund rücken, weil der Strommangel in manchen Grossstädten immer mehr Haushalte zwingt, auf das regelmässiger anfallende Stadtgas umzustellen.

13) Die Aufbereitung erfolgt heute mit wenigen Ausnahmen erst im Verladehafen. Dabei gehen rund 30 % der geförderten Kohlen verloren, für die die Frachtkosten erspart werden könnten, wenn zentrale Aufbereitungsanlagen im Revier selbst erstellt würden.

14) Vgl. hierzu: *Diretrizes e perspectivas da economia brasileira*, in: Desenvolvimento e Conjuntura, Edição especial Nr. 11, 1960, S. 168 ff.

Tabelle 4

Verbrauch an brasilianischer Heizkohle (t)

	1953	1955	1957
Eisenbahnen	871 191	806 888	694 820
Schiffahrt	102 958	110 238	58 706
Heizkraftwerke	325 748	421 811	379 438
Verschiedenes	83 712	29 967	13 128
Total	1 349 609	1 368 904	1 126 092

Quelle: *A industria extrativa do carvão,* a. a. O., S. 53.

Ein bedeutender Konsument inländischer Kohle (25 bis 30 %) ist die eisenschaffende Industrie Brasiliens, die sich auf Grund der aussergewöhnlich hochwertigen Eisenerze (hauptsächlich Hämatit mit einem Eisengehalt bis zu 70 %) sehr schnell entwickelt [15].

Tabelle 5

Verbrauch an brasilianischer Kokskohle (t)

	1953	1955	1957
Eisen- und Stahlindustrie	254 498	294 850	265 115
Gas-Produktion	24 540	12 631	55 233
Total	279 038	307 481	320 348

Quelle: *A industria extrativa do carvão,* a. a. O., S. 53.

Vergeblich sind indessen die Verkaufsbemühungen, die sich an die Privatindustrien der nördlichen Bundesstaaten richten, denn hier dominieren eindeutig die Heizöle und Benzine und mancherorts auch preislich und qualitativ überlegene ausländische Kohlesorten. Im Süden dagegen arbeiten frachtgünstig gelegene Fabriken gerne mit heimischer Kohle; ihr Anteil am Gesamtkonsum ist jedoch äusserst bescheiden. Der Hausbrand fällt im tropischen Brasilien nicht ins Gewicht.

Wie sind nun die *Zukunftschancen des brasilianischen Kohlebergbaues* zu beurteilen?

Von der Nachfrageseite gesehen ist für Heizkohle — und fast die gesamte geförderte Kohle muss als Heizkohle gewertet werden — ein gewisser Pessimismus gerechtfertigt, weil mit einem grösseren Bedarfsanstieg vorläufig nicht zu rechnen ist. Unter der Voraussetzung einer an-

15) Allein im *„Eisernen Viereck"* (Quadrilátero Ferrífero) von Minas Gerais (es strahlt eine so grosse magnetische Kraft aus, dass es von Flugzeugen wegen möglicher Störung der Navigationsinstrumente nicht überflogen werden darf) sollen 50 Milliarden Tonnen Eisenerz liegen.

dauernden expansiven Entwicklung der brasilianischen Wirtschaft dürfte wohl das Kohle-Konsumvolumen von Gaswerken und Industrie zunehmen, andererseits aber der Konsumanteil der Verkehrswirtschaft abnehmen. Der Heizkohlebedarf wird nur dann zunehmen, wenn vermehrt thermische Kraftwerke in unmittelbarer oder transportgünstiger Nähe der Reviere errichtet werden [16]. Das kann nicht stark genug befürwortet werden, denn abgesehen von dem damit verbundenen Industrialisierungsanreiz für die Südstaaten bestünde ausserdem die Möglichkeit, den Kohlestrom in das Leitungsnetz von Mittel-Ostbrasilien mit seinem grossen Strombedarf einzuspeisen. Die nötige Voraussetzung dazu wäre allerdings der Bau der bereits projektierten ca. 700 Kilometer langen *Leitungsschiene Süd-Nord,* die aus Kapitalmangel bislang nicht realisierbar war.

Die Absatzschwierigkeiten, mit denen die Heizkohle zu kämpfen hat, bestehen für metallurgische Kohle nicht, da das Produktionsvolumen der eisenschaffenden Industrie in schnellem Wachsen begriffen ist und dementsprechend auch der Bedarf an Kokskohle steigt. Gewisse Schutzmassnahmen sind indessen unumgänglich, weil bei freier Preiskonkurrenz die inländische Kokskohle nicht in der Lage wäre, den Wettbewerb mit der billigeren und besseren amerikanischen Kohle aufzunehmen, die ihre Marktchancen schon allein durch die kürzlich erfolgte Gründung der *American Coal Shipping Inc.,* mit der Aufgabe, ein möglichst niedriges und stabiles Seefrachtniveau zu erzielen, stetig festigt, und auf lange Sicht wohl auch durch die *Anwendung der Atomenergie in der Handelsschiffahrt* weitere Frachtvorteile erringen dürfte.

Das Ziel des *„Nationalen Kohleplans",* die jährliche Förderleistung auf 4 Millionen Tonnen zu erhöhen, ist zweifellos zu weit gesteckt, da für eine so hohe Produktionszahl der Bedarf nicht vorhanden ist. Solange es nicht gelingt, auch auf dem Kohlemarkt der südlichen Nachbarländer Fuss zu fassen [17], und solange neue Kohle-Dampfkraftwerke nicht gebaut werden, dürften nur schwerlich Absatzchancen für mehr als 2,5 Millionen Tonnen Kohle vorhanden sein. Diese Ansicht schien sich auch im Wirtschaftsprogramm des Bundespräsidenten *Kubitschek* durchgesetzt zu haben, in dem der Ausbau der Kohleförderung auf 2,5 Millionen Tonnen zurückgesteckt wurde [18].

---

16) In der Elektrizitätswirtschaft finden auch minderwertige, nicht transportwürdige Kohlesorten einen aufnahmefähigen Markt, denn in einem modernen Heizkraftwerk spielt selbst ein sehr hoher Aschegehalt keine Rolle mehr. Beispiel dafür ist das moderne Kraftwerk von São Jerônimo, Hauptstromerzeuger von Rio Grande do Sul, in dem täglich 500 t Kohle in Strom umgewandelt werden.

17) Nur während des zweiten Weltkrieges konnten geringe Mengen riograndenser Kohle nach Argentinien und Uruguai verkauft werden.

II. Die Erdöl- und Erdgaswirtschaft

Nur wenige Wirtschaftsprobleme Brasiliens sind im letzten Jahrzehnt so stark in den Mittelpunkt öffentlicher Diskussion gerückt wie das Thema der *Ölpolitik*. Trotz der steigenden Bedeutung des Energieträgers Erdöl und der rasch wachsenden inländischen Nachfrage ist das brasilianische Erdöl zunächst weniger zu einem wirtschaftlichen als zu einem hochwichtigen politischen Thema geworden. Das *erwiesene* heimische Erdöl ist zum Spielball innerpolitischer Interessen avanciert — mit ihm werden Wählermassen gewonnen und Regierungen entschieden. *„O petróleo é nosso"* — uns gehört das Öl — ist das politische Glaubensbekenntnis eines bewusst gegen Washington gerichteten Nationalismus. Mit diesem Slogan aus der Ära der *Vargas*-Diktatur wird noch heute operiert, werden Zäune und Hausfassaden beschriftet und der an sich schon ausgeprägte nationalistische Gedanke genährt und weiter geschürt.

Die in Brasilien weitverbreitete Ansicht, dass hinter diesem Schlagwort und seiner Anwendung ausschliesslich kommunistische Einflüsse zu erblicken seien, bedeutet nach unserer Ansicht eine zu starke Vereinfachung. Nach dem Verbot der kommunistischen Partei tarnen sich zwar viele Kommunisten unter dem nationalistischen Deckmantel. Ihr Einfluss ist in diesem Lager zweifellos von Bedeutung, jedoch keinesfalls ausschlaggebend. Vielmehr spiegelt *„O petróleo é nosso"* eine verbreitete gleichgerichtete Strömung im Volke wider und bringt sehr treffend die *latente Furcht vor „Ausbeutung" und „Kapitalüberfremdung"* zum Ausdruck.

1. Erdöl- und Erdgasförderung

a) Geschichte der Erdölförderung

Die Geschichte der brasilianischen Erdölförderung beginnt im Jahre 1897, in dem der Paulistaner *Eugenio Ferreira de Camargo* einen ersten Bohrversuch in Bofete, östlich von São Paulo, unternahm. Dabei wurde eine Tiefe von 420 Metern erreicht, jedoch kein Erdöl gefunden, sondern nur eine Mineralquelle angezapft.

Der einsetzenden unsystematischen Erdölsuche durch Private, die im grossen und ganzen ergebnislos verlief, schenkte die Regierung anfäng-

18) Siehe: *Presidência da Republica,* Conselho do Desenvolvimento: Programa de Metas, Rio de Janeiro 1959.

lich nur geringe Beachtung. Erst kurz vor Ausbruch des zweiten Weltkrieges begann das *Departamento Nacional da Produção Mineral*, die Erdölarbeiten aufzunehmen.

Schwierig war dabei die Frage zu lösen, wo im Lande mit Bohrungen begonnen werden sollte, zumal man weit davon entfernt war, auch nur annähernde Kenntnisse über die geologische Struktur des achteinhalb Millionen Quadratkilometer umfassenden Territoriums zu besitzen. Man einigte sich zunächst auf die Küstengebiete mit ihren Ablagerungen von Sanden und Tonen, da man annahm, dass sich unter der festen Gesteinsdecke, die die Hauptmasse des Landes einnimmt, kein Öl würde finden lassen. Dieses — heute nicht mehr stichhaltige — Kriterium reduzierte die 8,5 Millionen Quadratkilometer auf 3 Millionen, in denen mit Bohrversuchen begonnen wurde. Dabei stiess man auf enorme Schwierigkeiten, weil weite Küstengebiete von dicken Schichten basalthaltiger Lava überdeckt sind.

Nach 163 Versuchsbohrungen entdeckte man im Jahre 1939 Erdölablagerungen in der Bucht von Bahia (Recôncavo Baiano). Gegenwärtig stammt die gesamte brasilianische Erdölproduktion aus diesem Gebiet, das eine Ebene von ca. 4000 km² umfasst, in der allerdings nur 100 km² ölhaltig zu sein scheinen.

An einer Beteiligung zur Erschliessung der Bahia-Felder zeigten ausländische Ölgesellschaften zunächst kein besonderes Interesse, was im wesentlichen auf zwei Punkte zurückzuführen sein dürfte:

Zum ersten bestand in Brasilien nach dem Muster der argentinischen *Yacimientos Petroliferos Fiscales* bereits der *„Conselho Nacional do Petróleo"* (Nationaler Erdölrat), der als lenkendes und kontrollierendes Organ des Staates die Richtlinien für eine landesinterne Erdölpolitik festzulegen hatte. Zum anderen kam hinzu, dass die Verstaatlichung der Erdölgesellschaften in Mexiko am 18. März 1938, wo über 37 Jahre lang erfolgreich geschürft worden war, zur Vorsicht in bezug auf Investitionen in der lateinamerikanischen Erdölwirtschaft gemahnt haben dürfte, besonders dann, wenn ein Land — wie Brasilien zu jener Zeit — *diktatorisch* regiert wurde.

Ein eigentliches Interesse am brasilianischen Erdöl erwachte erst in den Nachkriegsjahren, als der Weltenergiebedarf an Erdöl und Erdölderivaten sprunghaft anstieg und die Geologen herausfanden, dass die Sedimentsgesteine des Amazonasbeckens Schichtenaufwölbungen aufweisen, von denen man weiss, dass sich in ihnen gerne Erdgas- und Erdölanreicherungen finden.

Dem ausländischen Interesse schob die ausgesprochen nationalistisch eingestellte *Vargas-Regierung* jedoch kurzerhand durch das Erdölgesetz vom 3. Oktober 1953 einen Riegel vor.

Nach diesem Gesetz obliegt dem Staat:

1. die Erforschung und Ausbeutung der Rohölvorkommen und der Vorkommen anderer flüssiger Kohlenwasserstoffe sowie seltener Gase im brasilianischen Staatsgebiet,
2. die Raffinierung in- oder ausländischen Erdöls,
3. der Seetransport von Rohöl inländischen Ursprungs und der im Lande hergestellten Erdölderivate.

Zur Verwirklichung dieses Gesetzes wurde mit einem Anfangskapital von 4 Milliarden Cruzeiros eine staatliche Monopolgesellschaft, die *„Petróleo Brasileiro S.A."* — kurz *„Petrobrás"* — gegründet. Um das kapitalschwache Unternehmen zu fördern, wurde unter anderem vorgeschrieben, dass alle Kraftfahrzeugbesitzer des Landes bei Jahresende zur Wiedereinlösung der polizeilichen Nummernschilder den Erwerb von *Petrobrás*-Aktienanteilen vorzuweisen haben mussten. Angeführt von den Taxiunternehmen erhob sich eine Protestwelle, die jedoch erfolglos blieb.

Die *Petrobrás,* heute die zweitgrösste Gesellschaft Brasiliens, erhöhte in den letzten Jahren durch verschiedene Aufstockungen ihr Kapital auf 26 Milliarden Cruzeiros. In der Regel wurden die Kapitalerhöhungen durch öffentliche Zeichnungen auf Vorzugsaktien realisiert, die mit einer 5 %-Dividendengarantie, aber ohne Stimmrecht, ausgestattet sind. Die Aktienmehrheit der *Petrobrás* muss sich allerdings stets in staatlichem Besitz befinden; weitere Aktien dürfen nur brasilianische Staatsangehörige erwerben [19].

Der Kaptialzufluss erlaubte es der *Petrobrás*-Gesellschaft, ihre Sucharbeiten auch auf die grösstenteils mit Urwald bedeckte Amazonassenke auszudehnen, wo bereits 90 km von der Mündung des Madeira in den Amazonasfluss die Pionierbohrung „Nova Olinda I" mit einer eruptiven Anfangsleistung von täglich 35 t ölfündig wurde. Wegen der ungewöhnlich harten Naturbedingungen, denen die Suchtruppen so dicht unter dem Äquator ausgesetzt sind, schreiten die Arbeiten jedoch nur äusserst langsam voran. Nähere Einzelheiten über eine mögliche Ausbeutung der „Nova Olinda"-Zone sind gegenwärtig noch nicht bekannt.

Weitere Suchtruppen arbeiten in den Bundesstaaten Maranhão, Alagoas, Sergipe und Espirito Santo. Soweit bis heute bekannt, sollen von

19) Wie sich die Petrobrás gegen ausländische Interessen absichert, lässt sich daraus erkennen, dass selbst verheiratete Brasilianer, die in Gütergemeinschaft mit einem nichtbrasilianischen Ehepartner leben, keine Petrobrásaktien zeichnen dürfen. Eine ausländische Beteiligung ist nur in Form von Anleihen für den Ausbau von Bohranlagen, den Erwerb von Maschinen für die Erdölbearbeitung und ähnliche Lieferungen möglich.

180 durchgeführten Versuchsbohrungen 81 eine sofortige Produktion ergeben haben. Da diese Erdölquellen von der *Petrobrás* propagandistisch nicht weiter ausgeschlachtet wurden, liegt der Schluss nahe, dass es sich dabei nur um kurzlebige eruptive Ausbrüche handelt und nicht um Lagerstätten grösseren Ausmasses, die sich auch wirtschaftlich ausbeuten liessen. Immerhin zeigt das relativ enge Verhältnis zwischen Versuchsbohrung und sofortiger Produktion, dass die Suchmethoden schon so verfeinert sind, dass nicht mehr unter zu grosser Kapitalverschwendung [20] aufs Geratewohl gebohrt zu werden braucht. Damit steigt auch die Hoffnung, auf neue erdölhöfige Zonen zu stossen.

Unabhängig von der Tätigkeit der *Petrobrás* sind im letzten Jahrzehnt die Versuche gewesen, das ölhaltige Schiefergestein zwischen Taubaté und Pindamonhangaba aufzubereiten, um dem Land dadurch eine neue Energiequelle zu erschliessen. Die Ölschiefervorkommen zwischen diesen beiden Städten sollen zu den grössten der Welt zählen, und im Dezember 1955 konnte bereits eine erste Anlage in Betrieb genommen werden, die aus dem Schiefergestein Heiz- und Schmieröle gewinnt. Die Eigentümerin der Ölschiefergruben, die *„Companhia Industrial de Rochas Bituminosas"*, verpflichtete kürzlich eine Gruppe von russischen Technikern und Wissenschaftlern — unter ihnen den Direktor des Planungsinstitutes für Ölschiefer in Leningrad sowie den Direktor des wissenschaftlichen Institutes für Ölschiefer in Kohtla-Iarva bei Leningrad —, um erneut Untersuchungen über die Abbauwürdigkeit der Vorkommen anzustellen. „Ihr abschliessendes Urteil über den Gasgehalt des Schiefers sowie über die Verwertbarkeit der anfallenden Nebenprodukte entscheidet — neben der dann noch notwendigen Kapitalbeschaffung — über den Bau einer grösseren Aufbereitungsanlage, die Rio de Janeiro und São Paulo sowie zahlreiche kleinere Orte im Paraíba-Tal mit Gas versorgen könnte" [21].

b) Stand der Erdölförderung

Die brasilianische Erdölproduktion, die sich vorläufig noch auf den Recôncavo Baiano beschränkt, ist seit Beginn der Förderung ständig gestiegen. Wie aus nachstehender Tabelle deutlich hervorgeht, erreichte die Rohölförderung jedoch erst ab 1955 eine wirtschaftlich interessante Grösse. Höhere Förderleistungen wären zweifellos schon vor 1955 erbracht worden, hätten nicht Kapitalmangel und unzureichende Raffinerie-

20) Siehe hierzu: *Kapp, K. W.*, Volkswirtschaftliche Kosten der Privatwirtschaft, Tübingen, Zürich 1958, insbesondere die Seiten 103 bis 106.

21) *Cotinco*, Companhia de Organização Técnica, Industrial e Comercial, Wirtschaftsbericht Nr. 179, S. 3.

kapazitäten die Aufschlussarbeiten gehemmt. Erst die Inbetriebnahme neuer Raffinerien und die Fertigstellung der Pipeline, welche die Felder von Agua Grande, Pojuca und Mata de São João mit dem Hafen Madre de Deus verbindet, erlaubten es, die Fördermengen zu steigern.

In den Jahren 1940 bis 1958 wurden folgende Mengen gefördert:

Tabelle 6

Rohölförderung in Brasilien von 1940—1959
(in Fässern zu 159 l)

1940	2 089
1941	3 096
1942	32 957
1943	47 414
1944	57 533
1945	79 330
1946	66 889
1947	96 539
1948	143 405
1949	109 077
1950	338 707
1951	690 776
1952	750 248
1953	915 787
1954	992 409
1955	2 021 900
1956	4 058 704
1957	10 106 269
1958	18 922 738
1959	23 589 872

Quelle: Zusammengestellt aus den Statistischen Jahrbüchern Brasiliens der Jahre 1941 bis 1960.

Der tägliche Förderdurchschnitt erreichte 1957 im Monat Dezember 40 937 Fass, was bereits 21,4 % des brasilianischen Verbrauchs und 33,2 % des in der gleichen Zeit in brasilianischen Raffinerien verarbeiteten Rohöls entsprach [22].

c) Stand der Erdgasförderung

Die Bedeutung der Erdgaswirtschaft ist gering. Von den zehn Erdölfeldern des Recôncavo Baiano produzieren gegenwärtig nur die Felder

22) *Petrobás,* Relatório das atividades de 1957, S. 6.

Aratú, Candeias, Itaparica, Agua Grande und Mata de São João Erdgas. Das ergiebigste von diesen Feldern ist das Aratú-Revier, das 1954 von der gesamten Jahresproduktion von 61,2 Millionen m^3 Erdgas allein 50 Millionen m^3 lieferte.

Von der Produktion an Erdgas muss rund ein Sechstel auf den Feldern selbst in den Förderbetrieben wieder verwendet werden. Man fängt das Gas auf und pumpt es in die unterirdischen Reservoirs zurück, damit der Druck aufrechterhalten bleibt, was eine bessere Ausnützung der Ölfelder erlaubt.

Das anfallende Erdgas wird als *Butan* und *Propan* zu Flaschengas weiterverarbeitet sowie in der Zementfabrik von Aratú und in dem thermoelektrischen Werk von Cotegipe verwendet.

Die Produktionsziffern von 1948 bis 1958 gibt nachstehende Tabelle wieder:

Tabelle 7

Erdgas-Produktion von 1948—1959

1948	2 875 000 m^3
1949	2 263 000 m^3
1950	5 070 000 m^3
1951	7 628 000 m^3
1952	6 811 000 m^3
1953	26 600 000 m^3
1954	63 359 000 m^3
1955	61 822 000 m^3
1956	83 877 000 m^3
1957	158 480 000 m^3
1958	300 467 000 m^3
1959	427 312 000 m^3

Quelle: Conselho Nacional do Petróleo

2. Erdölverarbeitung

Die Raffinierung von Rohöl erlebte in den letzten Jahren einen besonderen Aufschwung. Die Fertigstellung verschiedener kleinerer und grösserer Werke ermöglichte es, die Rohölverarbeitung laufend zu erhöhen, wie aus nachstehender Tabelle ersichtlich ist.

Tabelle 8

Rohölverarbeitung Brasiliens, 1956–1958
(in 1000 Fass zu 159 l)

	1956	1957	1958
Aufbereitetes Rohöl	39 610	45 055	49 310
Kfz-Benzin, Typ A	17 875	17 201	17 277
Kfz-Benzin, Typ B	299	795	725
Petroleum (Kerosen)	225	1 330	1 937
Dieselöl	2 892	4 751	6 098
Heizöl	15 611	17 233	18 650
Flaschengas	1 345	1 915	2 064
Solvente	385	507	743
Aromastoffe	—	10	208
Asphalt	342	501	921

Quelle: Conselho Nacional do Petróleo.

Im November 1958 befanden sich zur Erdölveredelung folgende acht Raffinerien in Betrieb:

Tabelle 9

Die brasilianischen Raffinerien im November 1958

Raffinerie	Staat	Tägliche Kapazität in Fässern
Pres. Bernardes	São Paulo	65 000
Capuava	São Paulo	20 000
Matarazzo	São Paulo	500
Manguinhos	Distrito Federal	10 000
Mataripe	Bahia	5 000
Manaus	Amazonas	5 000
Uruguaiana	Rio Gr. do Sul	300
Ipiranga	Rio Gr. do Sul	6 000

Quelle: Conselho Nacional do Petróleo.

3. Erdölverteilung

Der Transport von den Ölfeldern zu den vorwiegend *„konsumorientierten"* Raffinerien wird durch die in den Jahren 1950–1952 aufgebaute Tankerflotte *„Frota Nacional de Petroleiros"* bewältigt. Sie besteht

im Gegensatz zur völlig veralteten Handelsflotte aus 29 modernen Schiffseinheiten, die auf europäischen und japanischen Werften gebaut wurden. Für den Transport von flüssigem Propangas wurden aus der Bundesrepublik Deutschland zwei Schiffe bezogen. Weitere elf Einheiten von insgesamt 227 000 t sind in Auftrag gegeben, darunter 4 Petroleumtankschiffe von je 10 000 t an Japan, das dafür brasilianisches Eisenerz in Zahlung nimmt.

Brasilien mit seiner langen Küste und seinen vielen schiffbaren Flüssen bevorzugt zum Öltransport mit Recht das Tankschiff. Die Konkurrenzfähigkeit von Tankschiffen im Verhältnis zur *unelastischen* Ölleitung steht ausser Frage. Das Tankschiff hat gegenüber der Ölleitung mit ihrer starren Bindung an eine feste Route eine Reihe von Vorteilen, die im einzelnen nicht alle aufgezählt zu werden brauchen. Das Tankschiff lässt sich beispielsweise je nach Bedarf einsetzen, braucht nicht voll beladen zu sein und kann, was sehr wichtig ist, in seinen einzelnen Bunkern Rohöle verschiedener Qualitäten mitführen. Die Ölleitung dagegen ist eine Einbahnstrasse für ein bestimmtes Produkt mit einem bestimmten Transportziel, und der Transport von Rohöl in Pipelines kompliziert sich darüber hinaus durch die technische Notwendigkeit, dass die Rohrleitung ständig gefüllt sein muss. „Eine Ölleitung muss mit voller oder nahezu voller Kapazität arbeiten, da die Bewegung einer Flüssigkeit durch ein Röhrensystem nach dem Prinzip der ständigen Volumenveränderung vor sich geht: Für jedes Fass Öl, das der Leitung an der Mündung entnommen wird [23], muss an der Ausgangsstation ein Fass nachgefüllt werden."

Transportvorteile in Ölleitungen entstehen erst dann, wenn der Ölbedarf eines Bestimmungsortes, der nicht an einem schiffbaren Gewässer liegt, so gross wird, dass das Verkehrssystem (Eisenbahnen und Strassen) durch den Tanklastwagen-Verkehr überbelastet würde. So wird die Ölversorgung der Stadt São Paulo durch eine Pipeline besorgt, die in Santos beginnt und das Küstengebirge mit einem Gefälle von 800 Metern überwindet. Auch Belo Horizonte, die Hauptstadt von Minas Gerais, die ebenfalls keinen Wasseranschluss besitzt, soll durch eine Ölleitung mit Rio de Janeiro verbunden werden. Die Rohrleitungen will das brasilianische *Mannesmann*werk liefern [24].

Mit der durch den Bau von Brasilia begonnenen Kehrtwendung des Volkes und der Wirtschaft fort vom Ozean in das Landesinnere mit seinen unermesslichen brachliegenden Rohstoffquellen werden auch in Brasilien die Ölleitungen an Bedeutung gewinnen.

---

23) *Michaelis, A.*, Ölleitungen im Licht amerikanischer Erfahrungen, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 26. Sept. 1959, S. 5.

24) *Deutsch-Südamerikanische Bank*, a. a. O., S. 57.

Vom Bau einer Fernölleitung Nord-Süd, die das vermutlich künftig stärker anfallende Amazonasöl quer durch das Land in die Südstaaten transportieren würde, wird allerdings schon heute mit dem Hinweis auf die schlechten Erfahrungen, die man beim Bau der Eisenbahnlinie Madeira - Mamoré sammeln musste, allgemein abgeraten. Diese 368 km lange Eisenbahnlinie wurde von der *Madeira-Mamoré-Railway-Company* kurz nach dem ersten Weltkrieg mit Hilfe von Griechen und Negern aus Westindien entlang dem unschiffbaren Madeirafluss zum Transport von Kautschuk gebaut. Der Bau wurde mit grossen Opfern erkauft: von 53 000 Arbeitern starben 43 000 an Fieber und Schlangenbissen. Nun hat man heute zwar bessere medizinische Mittel, um sich gegen die Malaria und gegen Schlangen- und Spinnenbisse zu schützen, doch dürfte der Bau von Ölleitungen über so grosse Distanzen auch wegen der wild wuchernden Vegetation nicht ratsam sein. Ölleitungen müssen überwacht und fast täglich durch Kleinflugzeuge abgeflogen werden, wobei der Pilot nach Öllachen ausschaut — der Urwald mit seinem dichten Unterholz, seinen stürzenden Bäumen und den häufigen Überschwemmungen gestattet diese Art Wartung nicht. Für das Amazonasöl wird das beste Transportmittel das Tankschiff sein, zumal der Fluss und viele seiner Nebenflüsse relativ leicht beschiffbar sind, selbst für grosse Schiffstonnagen.

4. Entwicklungsprobleme

Brasiliens Verbrauch an Erdölprodukten ist, wie nachstehende Tabelle zeigt, seit dem zweiten Weltkrieg in stetem Wachstum begriffen.

Tabelle 10

Verbrauch von einigen Rohölprodukten zwischen 1948 und 1958 in 1000 Litern

Jahr	Flugbenzin	Gewöhnliches Benzin	Kerosen	Dieselöl	Brennöl	Schmieröl
1948	163 195	1 413 474	215 433	357 504	1 132 387	84 147
1952	234 445	2 983 457	432 183	1 025 766	2 368 717	153 867
1954	301 826	3 336 091	654 365	1 467 756	3 197 638	207 229
1956	362 483	3 513 824	771 724	1 924 232	4 349 708	332 188
1958	460 159	3 812 398	713 424	2 371 653	4 368 968	227 573

Quelle: Zusammengestellt aus den Statistischen Jahrbüchern Brasiliens.

Zwischen 1948 und 1956 ist der Gesamtverbrauch der in der Tabelle aufgeführten Rohölprodukte um 7,8 Milliarden Liter oder nahezu eine Milliarde Liter jährlich gestiegen. Merklich geringer war der Verbrauchs-

anstieg zwischen 1956 und 1958 mit 799 Millionen Litern, doch geht man wohl nicht fehl in der Annahme, dass der Verbrauch seit 1958 (neuere Angaben sind noch nicht erhältlich) sich erneut erweitert haben dürfte. Es kann vermutet werden, dass infolge von Strukturverschiebungen unter den Energieträgern, durch die Strommangelsituation und die Industrialisierungswelle der letzten drei Jahre namentlich eine verstärkte Nachfrage nach Diesel- und Brennölen ausgelöst worden ist. Besonders starke Verbrauchserhöhungen sind bei den Benzinen und Schmierölen zu erwarten, seitdem die sich auf Kosten von Qualität überstürzende Produktion von brasilianischen Kraftfahrzeugen angelaufen ist [25]. Die rasche Umstellung der brasilianischen Flugkompanien von Propeller- auf Düsenflugverkehr hat bereits zu Engpässen in der Kerosenversorgung geführt, und auch hier ist mit dauernden Verbrauchssteigerungen zu rechnen. Dagegen dürfte infolge dieser Umstellung die Nachfrage nach Flugbenzin nicht mehr im gleichen Rhythmus wie bisher steigen.

Heute kann erst ungefähr ein Fünftel der benötigten Erdölprodukte aus heimischem Rohöl gewonnen werden. Die rund 280 Millionen Dollar, die jährlich für Ölimporte aufgewendet werden müssen, entsprechen ziemlich genau dem Aussenhandelsdefizit des Landes.

Es ist naheliegend, dass weite Kreise seit der sensationellen Erbohrung von Erdöl aus dem flachliegenden Karbon im Urwald des Amazonasbeckens auf eine möglichst rasche Erschliessung und Nutzung dieser Ölquellen drängen und dazu den Zuzug ausländischen Privatkapitals befürworten. Sie weisen dabei auf das überzeugende Beispiel Mexikos hin, das 1938 die Erdölwirtschaft ohne Entschädigung verstaatlichte, mit dem Erfolg, dass die Erdölproduktion von 27 Millionen Tonnen im Jahre 1937 auf 7 Millionen Tonnen im Jahre 1947 zurückfiel. 1950 änderte Mexiko erneut seine Erdölpolitik, zahlte Enteignungsentschädigungen, und durch das Dazuströmen von neuem Auslandskapital konnte die Produktion 1953 auf 98 Millionen Fass und ein Jahr später auf 111 Millionen Fass gesteigert werden.

Vielsagend sind auch die Beispiele von Venezuela, Kolumbien und Ekuador. Während alle anderen Länder zum Teil sehr erhebliche Mengen Erdöl importieren müssen, sind diese Länder von der Notwendigkeit zu ständigen Ölimporten befreit. Dies liegt aber weniger an den günstigen geologischen Voraussetzungen im karibischen Raum als vielmehr an der

---

25) Im Monat Oktober 1960 hat die brasilianische Automobilindustrie mit 13 928 Kraftfahrzeugen einen neuen Monatsrekord aufgestellt, der sich wie folgt verteilt: Volkswagen 4067 Einheiten, Willys Overland 4201 Einheiten, General Motors 1759 Einheiten, Ford 1263 Einheiten, DKW-Vemag 1101 Einheiten, Mercedes Benz do Brasil 880 Einheiten, Simca 406 Einheiten, FNM-Alfa Romeo 269 Einheiten, Scania-Vabis 60, International Harvester 20 und Toyota 2 Einheiten.

liberalen Gesetzgebung der drei Länder in bezug auf die Erschliessung der Erdöllagerstätten.

Neue Ölfelder und bedeutende ausländische Investitionen erlauben es in jüngster Zeit auch Bolivien, Erdölüberschüsse zu erzielen. Auch privates brasilianisches Ölkapital ist heute auf Grund eines 1958 abgeschlossenen brasilianisch-bolivianischen Erdölabkommens in Bolivien tätig. Durch diesen Vertrag bekam Brasilien unter der Bedingung, dass brasilianisches Privatkapital innerhalb von 18 Monaten mit den Vorbereitungen zur Erdölförderung beginnen müsse, eine Konzessionsfläche von 13 500 Quadratkilometern zugesprochen. Dieses für Brasilien ausserordentlich wichtige Abkommen hat eine lange Vorgeschichte: Nach dem Chaco-Krieg gegen Paraguai schloss das geschwächte Bolivien 1938 einen Vertrag mit Brasilien, in dessen Rahmen von Brasilien eine 654 Kilometer lange Eisenbahnlinie zur Erschliessung von Ostbolivien gebaut wurde. Dadurch bekamen bolivianische Ausfuhrgüter Zugang zum Hafen von Santos. Die bolivianische Gegenleistung bestand in den Erdölkonzessionen, von denen sich Brasilien eine starke Entfaltung seiner unterentwickelten Weststaaten erhofft [26].

Eine besonders tiefgehende Resonanz hat die Neuorientierung der argentinischen Ölpolitik in der brasilianischen Presse hervorgerufen. Argentinien, das in Südpatagonien eines der reichsten Erdölvorkommen (das Öl soll von allein aus dem Erdboden brechen und kleine Seen bilden) der Welt besitzt, hat unter dem *Perón*-Regime eine ähnliche Ölpolitik wie Brasilien betrieben. Das argentinische Staatsmonopol erwies sich jedoch ebenfalls als nicht finanzkräftig genug, um die Erdölproduktion der Nachfrage entsprechend zu steigern. Das wasserarme Land, das seine Energieversorgung fast ausschliesslich auf kalorische Heizkraftwerke stützen muss, importierte allein im Jahre 1956 für 201 Millionen Dollar Erdöl und Erdölderivate, was etwa 18 % der gesamten Einfuhren des Landes entsprach. Trotz heftigster Kritik der rechtsextremen Nationalisten und der radikalen Volkspartei hat Präsident *Frondizi* den Versuch unternommen, rund eine Milliarde Dollar für die argentinische Erdölwirtschaft zu interessieren. Angesichts der reichlich sprudelnden Erdölquellen in aller Welt zögerte *Frondizi* zunächst, mit diesem Plan an die Öffentlichkeit zu treten. Das ausländische Interesse ist jedoch ausserordentlich wach; besonders nordamerikanische Ölgesellschaften erklärten sich sofort bereit, die Bohrungen in der sogenannten *„zona petrolifera andina"* aufzunehmen. Ob und inwieweit das argentinische Investitionsvorhaben gelingt, wird von der politischen Stabilität des Landes abhängen.

---

26) Nähere Einzelheiten bei *Magalhaes, L.*, O petróleo boliviano e a economia brasileira, in: O Cruzeiro, vom 19.9.1959.

Im Vergleich mit Venezuela, das seine Ölpolitik nach dem Prinzip *„Oil Royalty"* ausrichtet, erkennt man deutlich den Nachteil von *kapitalschwachen* Staatsmonopolen. Venezuela lässt sowohl sein Erdöl als auch seine Eisenerze durch ausländische Firmen ausbeuten. Es kann auf eine stabile Währung [27] und auf eine ausgeglichene Handels- und Zahlungsbilanz blicken. Wenn Brasilien, das sonst im grossen und ganzen dem Auslandskapital freundlich gegenübersteht, seine Erdölwirtschaft ebenfalls nach dem *„Oil Royalty"*-Prinzip ausrichten würde, dürfte man wohl annehmen, dass mit grösserem Kapitaleinsatz vor allem die Amazonasöle zur Ausbeutung gelangen könnten.

Bemerkenswert ist in dieser Hinsicht der Vorschlag des ehemaligen Präsidentschaftskandidaten für 1955, General *Távora*, der für einen gemässigten Nationalismus eintritt und anstelle von der Petrobrás eine *gemischt staatlich-private Kapitalgesellschaft* („economia mista") gegründet sehen möchte. Dieser Vorschlag ist nicht von der Hand zu weisen, denn er würde es wenigstens dem privaten brasilianischen Kapital, das sein Interesse am Erdöl mit den Investitionen in Bolivien schon bewiesen hat, gestatten, sich in der nationalen Erdölwirtschaft zu betätigen.

III. Die Elektrizitätswirtschaft

1. Geschichtliche Entwicklung

Das Studium der Geschichte der brasilianischen Elektrizitätswirtschaft führt uns nach Rio de Janeiro, wo am 8. Oktober 1892 die Einweihung des *„elektrischen Esels"* (burro elétrico) mit einem spontan improvisierten Karnevalsfest gefeiert wurde, das die anfängliche Furcht vor dem *„Ungeheuer"* (monstro) in manchem Herzen bezwang. Wie ein humorvoller Chronist bemerkte, wurde es der Stadtverwaltung zu kostspielig, 1300 Strassenbahn-Esel zu halten, weil diese — trotz eines Spezialfutters vom fernen Rio de La Plata — drei Arbeitsjahre nicht überlebten [28]. Den Esel ganz aus dem Dienst brasilianischer Städte zu verdrängen, gelang jedoch nicht: Zäh behaupten sich 6- und 8spännige Müllabfuhrwagen — selbst im Verkehrschaos von Rio de Janeiro und São Paulo.

Der Anfang der brasilianischen Elektrizitätswirtschaft ist gekennzeichnet durch die Weitsicht und den Wagemut, mit denen private Unter-

27) Im Gegensatz zu allen anderen südamerikanischen Währungen hat der Bolivar in den letzten Jahrzehnten keine nennenswerte Abwertung durchgemacht.

28) Eine genaue Schilderung findet sich bei *C. J. Dunlop,* Apontamento para a historia dos bondes no Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 1953. Nähere Einzelheiten auch bei *A. Junqueira Aires,* A eletricidade no Brasil, in: Digesto Econômico, Mai 1954.

nehmen grosse Projekte planten und auch in die Tat umsetzten. Von Weitsicht und Wagemut ihrer Konstrukteure — allen voran *Sir Alexander Mackenzie, Robert C. Brown* und *Hugh L. Cooper* — zeugen die ersten Kraftwerke Brasiliens, besonders deshalb, weil um die Jahrhundertwende die meisten Städte des Landes schon rein grössenmässig keine günstigen Elektrifizierungsobjekte darstellten. Wie vorausgesehen, löste die elektrische Energie die erste Industrialisierungswelle des Agrarlandes aus und erweckte die Küstenstädte zu einem enormen Wachstumsprozess.

Bis zum Inkrafttreten des *Código de Aguas* im Jahre 1934 entwickelte sich Brasiliens Elektrizitätswirtschaft ohne gesetzliche Grundlage. In- und ausländische Gesellschaften schlossen zum Bau und Betrieb von Kraftwerken individuelle Konzessionsverträge mit den lokalen Behörden. Die Tarife wurden zwischen den Interessenten ausgehandelt, wobei die ausländischen Gesellschaften in den Genuss einer sogenannten *„Goldklausel"* kamen, die bei Neufestsetzung von Tarifen den Wechselkurs der betreffenden ausländischen Währung mitberücksichtigte [29]. Mit der Kodifizierung der Elektrizitätswirtschaft wurde das System der individuellen und lokalen Kontrakte abgeschafft und durch Bundeskonzessionen ersetzt.

Die Energiewirtschaft bedurfte, das ist unbestreitbar, einer Gesetzgebung, schon um dem Staat die Handhabe zu Kontrollinterventionen zu geben und eine sinnvolle Energiepolitik in der sich stark expandierenden Volkswirtschaft Brasiliens zu betreiben [30]. Verschiedene unkluge Ausführungsbestimmungen des Código de Aguas lähmten indes die Elektrizitätswirtschaft und verschuldeten die Stromkrise, unter der Brasilien heute noch leidet. Dagegen vermochte selbst die Flut eilig erlassener Notgesetze nichts mehr auszurichten; sie schufen im Gegenteil nur Verwirrung und Misstrauen.

Der Código de Aguas bestimmt (er ist heute noch in Kraft), dass neue Elektrizitätswerke nur mit ausdrücklicher Erlaubnis der Bundesregierung errichtet werden dürfen. Das gleiche gilt für Verbesserungen oder Erweiterungen an schon bestehenden elektrischen Anlagen. Die geringen Ausbauleistungen der dreissiger und vierziger Jahre sind im wesentlichen darauf zurückzuführen, dass die Gesellschaften für ihre Genehmigungen nun einen komplizierten Behördenweg beschreiten mussten, auf dem sich die Gesuche oftmals jahrelang verzögerten.

Ein anderes Hemmnis besteht darin, dass das Gesetz den erlaubten Gewinn der Gesellschaften auf 10 % der Nettoinvestition beschneidet.

---

29) *Deutsch-Südamerikanische Bank,* a. a. O., S. 120.

30) Auf die Notwendigkeit des Interventionismus im Bereich der Energiewirtschaft weist der Beitrag von *E. Salin,* „Über die Notwendigkeit langfristiger Energiepolitik" hin, der in: Wirtschaftsfragen der freien Welt, Festgabe zum 60. Geburtstag von Bundeswirtschaftsminister *Ludwig Erhard,* Frankfurt am Main 1957, erschien.

Gleichzeitig erschwert eine sehr strenge Tarifüberwachung die Erhöhung der Strompreise, die — trotz der damals schon ausgeprägten inflationistischen Tendenzen — vom 10. Juli 1934 bis zum Erlass des Gesetzes Nr. 5764 vom 19. August 1943 nicht geändert werden durften. Es mag dahingestellt bleiben, inwieweit man durch dieses Verbot den ausländischen Gesellschaften die Möglichkeit rentabler Bewirtschaftung nehmen oder nur den allgemeinen inflationistischen Tendenzen entgegenwirken wollte. Es steht fest, dass vor allem die mehr als zweitausend kleinen Elektrizitätswerke durch diese Bestimmungen aufs schwerste getroffen wurden, weil sie nicht wie die grossen Gesellschaften auf liquide Stammhäuser im Ausland zurückgreifen konnten.

Obwohl seit 1943 verschiedene Stromtariferhöhungen gewährt wurden, zählen die brasilianischen Tarife noch immer mit zu den niedrigsten der Welt, wie ein in der Zeitschrift „LIGHT" veröffentlichter Vergleich zeigt:

Tabelle 11

Die Stromtarife von Rio de Janeiro und São Paulo im Vergleich zu anderen Städten

	Cr. je kWh	
	Lichtstrom	Kraftstrom
São Paulo	0,80	0,29
Rio de Janeiro	1,14	0,33
New York	1,69	0,94
Boston	1,76	0,74
Chicago	1,29	0,63
Paris	2,40	0,77
Montevideo	1,11	0,88
La Paz	3,00	2,38
Caracas	3,99	2,18

Quelle: *Revista LIGHT*, Número Especial, Rio de Janeiro 1955. (Für die ausländischen Stromtarife wurde ein Umrechnungskurs von Cr. 33,82 je Dollar genommen.)

Da der Anreiz zu wirtschaftlichen Investitionen auf dem Elektrizitätssektor fehlte und das Misstrauen regierte, wurde der Strommangel schon wenige Jahre nach Erlass der Kodifikation spürbar. Im Jahre 1939 musste der *Conselho Nacional de Aguas e Energia Elétrica* ins Leben gerufen werden, um die Differenzen zwischen den Konzessionären und Regierungsstellen zu schlichten und um seinerseits Elektrifizierungspläne auszuarbeiten und den Kraftwerksbau mit allen Mitteln zu fördern.

Die Regierungspläne sehen bis 1960 in einer ersten Etappe die Erhöhung der Produktionskapazitäten von 3 auf 5 Millionen kW vor und in

einer zweiten Etappe den Ausbau bis 1965 auf 8 Millionen kW. Die für den Ausbau der zusätzlichen 5 Millionen kW erforderlichen Mittel wurden im Jahre 1955 auf 150 Milliarden Cruzeiros (davon ein Drittel in Devisen) veranschlagt. Inzwischen dürfte der inflationistische Preisanstieg die Baukosten mehr als verdreifacht haben.

2. Die Elektrizitätsgesellschaften

Die bedeutendste unter den vielen Elektrizitätsgesellschaften ist die kanadischen Interessen verpflichtete *„Brazilian Traction Light and Power"*, die in Rio de Janeiro unter dem Namen *„Cia. de Carris Luz e Força"* und in São Paulo als *„São Paulo Light and Power Co"* tätig ist. Die paulistaner Tochtergesellschaft hat die besonders schwere Aufgabe, die Stromversorgung von São Paulo, der am *„schnellsten wachsenden Stadt der Welt"* (a cidade que mais cresce no mundo), aufrechtzuerhalten, was in Zeiten von Trockenperioden nur durch drastische Stromkürzungen und rationierte Kraftstromzuteilungen möglich ist. Um den sprunghaft vorauseilenden Strombedarf einzuholen, hat sich der Bundesstaat mit einem Elektrifizierungsplan in die Elektrizitätswirtschaft São Paulo eingeschaltet [31].

Neben der *„Brazilian Traction Light and Power"* ist die *„Empresas Elétricas Brasileiras"* zu erwähnen, die durch zehn Gesellschaften fast alle Küstenstädte, von Natal im Norden bis Pôrto Alegre im Süden, mit Elektrizität versorgt. Ihr Kapital befindet sich in Händen der nordamerikanischen Gesellschaft *„American Electric Bond and Share Company"*.

Im Bundesstaat Minas Gerais ist die sehr aktive „CEMIG" (Centrais Elétricas de Minas Gerais S. A.) tätig, eine inländische Holdinggesellschaft, zu der sich eine Reihe kleiner privater Gesellschaften zusammengeschlossen haben und an der sich auch der Bundesstaat selbst beteiligt.

Nennenswert sind ferner die Gruppen *Sul Mineira de Eletricidade, Central Elétrica Rio Claro* sowie *Hidro Elétrica de São Francisco.*

Die grosse Zahl der kleinen Gesellschaften von nur lokaler Bedeutung soll in späteren Jahren mittels Generatoren, Transformatoren und Überlandleitungen zu verschiedenen Verbundsystemen zusammengefasst werden.

Neben der privaten Elektrizitätswirtschaft tritt auch der Staat in der gemischtwirtschaftlichen Unternehmungsform auf. Zur besseren Kontrolle der staatlichen Interessen (Salto Grande, Três Marias, Hidroélétricas do São Francisco) sieht ein Gesetzentwurf des Senators *Vivaldo Lima* die

31) *Departamento de Aguas e Energia Elétrica,* Plano de eletrificação do Estado de São Paulo, São Paulo 1955.

Errichtung einer *Staats-Holding* mit dem Namen *„Eletrobrás"* vor, die im Gegensatz zur *Petrobrás* keine Monopolstellung einnehmen, sondern nur die Mittel des *Elektrizitätsfonds* verwalten und den *Nationalen Elektrizitätsplan* steuern soll.

3. Stromerzeugung und Stromverbrauch

a) Die Stromerzeugung

Brasilien, nach Russland und den Vereinigten Staaten das wasserreichste Land der Erde, begann schon gleich nach der Jahrhundertwende die hydroelektrische Stromgewinnung den Wärmekraftwerken voranzustellen.

Trotz des riesigen Wasserpotentials zeigen aber die elektrischen Ausbauleistungen nur eine langsame Aufwärtsbewegung.

Die Kapazität der Elektrizitätswerke in den Jahren 1889 bis 1959 ist aus untenstehender Tabelle ersichtlich.

Tabelle 13

Kapazität der Elektrizitätswerke 1889—1959
(Kapazität per 31. Dezember in kW)

Jahr	Insgesamt	Wärmekraftwerke	Wasserkraftwerke
1889	4 618	3 143	1 475
1900	12 085	6 585	5 500
1910	159 860	21 996	137 864
1920	357 203	77 825	279 378
1930	747 101	128 625	618 476
1940	1 243 877	234 531	1 009 346
1945	1 319 419	217 540	1 101 879
1946	1 364 626	218 790	1 145 836
1947	1 486 144	237 738	1 248 406
1948	1 635 335	291 789	1 333 546
1949	1 735 191	304 331	1 430 860
1950	1 882 500	346 830	1 535 670
1951	1 939 946	355 190	1 584 756
1952	1 984 801	386 822	1 597 979
1953	2 104 855	418 204	1 686 651
1954	2 809 578	640 046	2 167 532
1955	3 148 489	667 318	2 481 171
1956	3 360 011	698 297	2 661 714
1957	3 767 411	764 471	3 002 940
1958	3 993 100	769 280	3 223 820
1959	4 115 200	798 992	3 316 208

Quelle: Zusammengestellt aus den Statistischen Jahrbüchern Brasiliens (Anuários Estatisticos do Brasil).

Wegen der kriegsbedingten Importschwierigkeiten von Elektromaterialien wurden die niedrigsten Zuwachswerte zwischen 1940 und 1945 erzielt. Erst zwischen 1950 und 1955 konnten die durch den Krieg zurückgestellten Projekte von Nilo Peçanha und Paulo Afonso stufenweise in Betrieb genommen werden, was sich auch in der Kapazitätssteigerung von 1,8 Millionen kW auf 3,1 Millionen kW ausdrückt. Diese installierte Leistung verteilte sich auf 1179 Wasserkraftwerke und auf 1109 Wärmekraftwerke.

Durch einen Per-capita-Vergleich der installierten elektrischen Leistungen mit verschiedenen anderen Ländern wird indes sehr deutlich, dass die brasilianischen Ausbauleistungen nur gering sind. Im Jahre 1948 betrug die installierte Leistung pro Einwohner der brasilianischen Bevölkerung 35 Watt, in Norwegen dagegen 910 Watt, in der Schweiz 630 Watt, in Schweden 420 Watt und in den USA 360 Watt.

Ebenso ungünstig ist für Brasilien ein Per-capita-Vergleich der Stromerzeugung. Norwegen erzeugte 1954 pro Einwohner 6300 kWh, Schweden 3288 kWh, die Schweiz 2910 kWh und Brasilien 233 kWh. Höhere Werte werden allerdings mit 930 kWh pro Einwohner im Konzessionsgebiet der Brazilian Traction erzielt.

Beim Vergleich der beiden letzten Zahlen lässt sich sofort erkennen, dass die Pro-Kopf-Berechnungen nur einen unvollkommenen Aussagewert besitzen, solange es in Brasilien bewohnte Gegenden gibt, in denen die Elektrizität überhaupt fehlt.

Die geschätzte Stromerzeugung in Kilowattstunden veranschaulicht nachstehende Tabelle, die jedoch nur mit Vorbehalt wiedergegeben werden kann, da unterschiedliche Zahlenangaben vorliegen.

Tabelle 14

Geschätzte Stromerzeugung 1950–1959

Jahr	kWh
1950	7 962 338 746
1951	8 722 436 082
1952	9 306 995 723
1953	10 341 073 000
1954	13 329 764 000
1955	14 918 235 000
1956	15 447 322 000
1957	16 962 928 000
1958	19 765 620 000
1959	21 108 171 000

Quelle: Instituto de Engenharia, São Paulo.

Auch die Angaben über das Wasserkraftpotential schwanken in weiten Grenzen. *Wilhelm Weber,* vor dieselbe Schwierigkeit gestellt, schreibt in seiner Arbeit über Österreichs Energiewirtschaft: „Man darf sich durch solche Schwankungen nicht allzu sehr beeindrucken lassen, denn die einzelnen Schätzungen sind letzten Endes in ihrer Höhe weitgehend von dem Optimismus und der technischen Phantasie (kaum dem Gegenteil) ihrer Urheber abhängig" [32].

Der Energiewirtschaftler *O. A. Dias Carneiro* beziffert das Wasserkraftpotential auf 27 Millionen kW, eine Zahl, die jedoch die *„technisch ausbaufähigen"* Wasserkraftmengen ausdrückt und nicht das selbstverständlich weit niedrigere *„wirtschaftlich ausbauwürdige"* Wasserkraftpotential, das von Technikern vielfach mit der Bezeichnung *„direkt ausnutzbar"* auf 15 bis 17 Millionen kW veranschlagt wird.

Es scheint uns indessen, dass es wenig Sinn hat, über die Höhe der Wasserkraftreserven zu rechten, weil sich ein grosser Teil der *Kilowatt-Millionen* in unwegsamen Gegenden des Landes befindet, wo es — zumindest vorläufig — weiterhin brachliegen bleiben dürfte.

b) Der Stromverbrauch

Einer der stärksten Hemmschuhe in der Wirtschaftsentwicklung Brasiliens ist ein Stromdefizit von schätzungsweise 1,6 Millionen kW, das besonders empfindlich die dichtbesiedelte Küstenzone und die Städte und Industriegebiete von Mittel-Südbrasilien trifft.

Bemerkbar wurde die Strommangelsituation zu Anfang der fünfziger Jahre nach einer langandauernden Dürreperiode, in der die Stauseen austrockneten und die Flüsse Niederwasser führten. Die Krise erreichte ihren Höhepunkt in den Jahren 1953/1954, als die Stromzufuhr in den grossen und mittleren Städten für täglich 5—6 Stunden unterbrochen werden musste, wodurch Industrie, Handel, Verkehr und die Haushaltungen schwer geschädigt wurden.

Nur grösseren Industriebetrieben gelang es teilweise, die Stromkrise durch den *Erwerb von Dieselaggregaten zur Eigenstromerzeugung* aufzufangen. Ein erhebliches Ansteigen der Produktionskosten war die Folge, weil Dieselaggregate wegen ihrer geringen Leistung und der hohen Kosten pro installiertem Kilowatt ausserordentlich unwirtschaftlich sind. „Thus, the excess demand existing at present in the Brazilian power market is doubly harmful: on the one hand, it depresses productivity and limits economic development; on the other hand, it forces an unnecessarlily high

32) *W. Weber,* Österreichs Energiewirtschaft, Wien 1957, S. 158.

waste of resources in terms of capital funds in local currency and of scarce foreign exchange availabilities, in order to expand inefficient, uneconomic and inadequate installations which, working with imported liquid fuels, tend to aggravate the country's balance of payments deficit"[33].

Da die Stromproduktion in den letzten zwanzig Jahren ständig hinter dem Bedarf zurückblieb, kann nicht bestimmt ausgesagt werden, wie die Wachstumsrate ohne Engpass in der Versorgung verlaufen wäre. Die grossen Elektrizitätsgesellschaften vermuten, dass bei einem unbeschränkten Stromangebot die Nachfrage sofort um 30—40 % steigen würde. Dann könnte man wohl mit einer jährlich durchschnittlichen Zuwachsrate von 10 % rechnen.

4. Ausbaupläne der Elektrizitätswirtschaft

Zur Überwindung der Stromkrise bestehen sowohl private als auch staatliche Ausbaupläne, die wir im folgenden betrachten wollen. Hierfür unterteilen wir, dem nicht brasilkundigen Leser zum besseren Verständnis, das Land in fünf grosse wirtschaftsgeographische Regionen: *Norden, Nordosten* und *Mittelwesten,* die man zu den wirtschaftlich unentwickelten Gebieten zählen kann, und *Mittel-Südregion* und *Südbrasilien,* die schon zu den entwickelten — sei es nun vom landwirtschaftlichen, klein- oder grossindustriellen Standpunkt aus — Gebieten zu rechnen sind. Diese Einteilung freilich ist bei der Mannigfaltigkeit des wirtschaftlichen und geographischen Bildes äusserst grob, doch mag sie für unsere Betrachtung gelten.

a) Projekte und Pläne in den unentwickelten Gebieten

Im Norden und Nordosten wird elektrische Energie zu drei Viertel aus thermischen Zentralen und nur zu einem Viertel aus Wasserkraftwerken gewonnen. Nach dem Gummiboom zu Anfang des Jahrhunderts ist es um das Amazonasgebiet mit seinen undurchdringlichen Tropenwäldern und seiner einst so berühmten Stadt *Manaus* wieder still geworden. Das feucht-heisse Tropenklima und die teilweise recht mühsame Sammelwirtschaft (Harze, Ölsamen, Hölzer, Paranüsse, Kautschuk) erlauben keine hektischen Wachstumserscheinungen von Städten und Bevölkerung. Kleine Wärmekraftwerke decken den Strombedarf der Konsumenten. Belém bekam 1956 ein neues Dampfkraftwerk von 15 000 kW,

33) *O. A. Dias Carneiro,* A Nuclear Power Project in Brazil's Central-Southern Region, Rio de Janeiro 1959, S. 8 ff.

nachdem es vorübergehend seinen Strom rationieren musste. Auch Manaus kennt kaum Schwierigkeiten; ein modernes Kraftwerk von 15 000 kW wird durch Rohöl aus dem östlichen Peru gespeist. Die Stadt Fortaleza hat inzwischen ebenfalls ihr unwirtschaftliches, holzgefeuertes Kraftwerk durch eine Dieselzentrale von 10 500 kW ersetzt. Erwähnenswert ist das Projekt für ein Wasserkraftwerk von 75 000 kW am Araguari-Fluss im Amapá-Territorium, mit dessen Hilfe man in späteren Jahren die reichen Vorkommen dieser Gegend an Manganerzen, Bauxit und Chromeisenstein zu erschliessen hofft.

Die Nordost-Region, bestehend aus den Bundesstaaten Maranhão, Piaui, Ceará, Rio Grande do Notre, Paraíba, Pernambuco, Alagoas und der Insel Fernando de Noronha, ist mit rund 18 Millionen Menschen wesentlich dichter besiedelt als der benachbarte Norden (rd. 2,2 Mio. Einwohner) und gewinnt durch die Zuckerrohr- und Baumwollproduktion eine ständig zunehmende Bedeutung innerhalb der Gesamtwirtschaft. Ohne Holz und Kohlevorkommen hat die Nordost-Region mit ihrem von verheerenden Dürren heimgesuchten Binnenland, dem *„sertão"*, stets unter grossem Energiemangel zu leiden. Es war darum seit langem der Wunsch der nordöstlichen Wirtschaft, die gewaltige Potenz des Rio São Francisco zu nutzen, der im grössten Teil seiner Länge parallel zur Küste verläuft, sich dann aber nach Osten richtet und über eine Gefällestufe von über 80 Metern (Paulo Afonso) das Meer erreicht.

Am 3. Oktober 1945 wurde von der Regierung *Getúlio Vargas* die Gründung der *„Companhia Hidroelétrica do São Francisco* (CHESF) autorisiert und für ein Gebiet von 517 000 km² (grösser als Spanien und fast so gross wie Frankreich) die Konzession auf 50 Jahre erteilt. Die Regierung übernahm die Hälfte des Kapitals von 400 Millionen Cruzeiros, das zu Beginn der Bauarbeiten noch einmal um den gleichen Betrag erhöht werden musste. Oberhalb der Wasserfälle wird durch einen V-förmigen Damm von 4 Kilometer Länge das Wasser so angestaut, dass sich ein See von gewaltiger Ausdehnung bildet. Das Kraftwerk, das in den nächsten Jahren eine Endkapazität von 950 000 kW erreichen soll, liefert auf zwei Hauptschienen von je 450 Kilometer Länge Strom an die Verbrauchszentren Bahia und Recife. Es ist vorgesehen, die Bevölkerung im Umkreis von 450 Kilometern mit Licht und Kraft zu versorgen; die zahlreichen Baumwollwebereien der Region an das öffentliche Stromnetz anzuschliessen (die Textilindustrie unterhält teilweise eigene kostspielige Kraftwerke); und als wichtigstes, die Bewässerung der Landwirtschaft mittels elektromotorischer Pumpen zu ermöglichen. Allfällige Stromüberschüsse sollen dem Eisenbahnnetz des Nordostens zugute kommen.

Um die unentwickelten Gebiete abzuschliessen, wollen wir die Stromlage der Staaten Mato Grosso und Goiás kurz skizzieren.

Beide Bundesstaaten sind sehr entwicklungsbedürftig. Der Reichtum an Nickel, Kobalt, Bergkristall, Diamanten, Quebrachoholz und Gummibäumen ist unermesslich. Weite Hochflächen mit gesundem Klima eignen sich für Ackerbau und Viehzucht. In den wenigen Städten sind die elektrischen Anlagen so veraltet und wenig leistungsfähig, dass allein in den Verteilernetzen Stromverluste von über 25 % auftreten. Die unbedingt notwendige Modernisierung der Systeme scheitert an finanziellen Schwierigkeiten der Gesellschaften. In Goiás befindet sich am Rio Paranaíba (Cachoeira Dourada) mit Unterstützung der Bundesregierung ein Kraftwerk im Bau, das eine Endkapazität von 220 000 kW aufweisen soll (erste Etappe 40 000 kW). Die brasilianische Geschichte weiss zu berichten, dass im Jahre 1732 in dieser Gegend bei Agua Quente ein Grossgrundbesitzer 16 000 Sklaven damit beschäftigt habe, in mühsamer Arbeit den Tocantins-Fluss an einer bestimmten Stelle umzuleiten. Der Deich soll unter dem Wasserdruck allerdings schon nach zwei Stunden wieder zusammengebrochen sein. Die kurze Zeit soll jedoch ausgereicht haben, um aus dem trockengelegten Flussbett das Gold sackweise zu scheffeln. Dabei sollen Goldklumpen mit Einzelgewichten bis zu 22 kg gefunden worden sein. Wir erinnern uns der Episode, wenn davon die Rede ist, dass das Kraftwerk 4 Milliarden Cruzeiros kosten soll. Bestünde vielleicht ein Finanzierungsweg darin, den Tocantins und andere Flüsse mit modernen Methoden nach Gold zu durchsuchen und unter Umständen ein Vielfaches dessen zu fördern, was man vor 200 Jahren in nur zwei Stunden erntete?

b) Projekte und Pläne in den entwickelten Gebieten

Die Mittel-Süd-Region, die die Bundesstaaten São Paulo, Rio de Janeiro, den ehemaligen Distrito Federal, den Süden von Minas Gerais und den Norden von Paraná umschliesst, ist mit etwa 740 000 km² (rund 8,8 % von der Grösse des Landes) und einer Bevölkerung von rund 25 Millionen Einwohnern (42 % der brasilianischen Bevölkerung) sozusagen das schlagende Herz des Landes. Das gemässigte Klima der Hochebene bot den europäischen Einwanderungswellen des 19. und 20. Jahrhunderts die besten Lebens- und Produktionsvoraussetzungen. Nicht zuletzt bildeten die Wasserkraftreserven der Region die Grundlage der Industrialisierung und bestimmten in wohl sehr entscheidender Weise das Wachstum der Städte São Paulo, Rio de Janeiro und Belo Horizonte.

Es würde den Rahmen unserer Arbeit sprengen, wollten wir die Ausbaupläne der mittel-südlichen Elektrizitätswirtschaft in allen Einzelheiten untersuchen. Wir beschränken uns daher auf eine Übersicht der geplanten Grosskraftwerke und geben die voraussichtlichen Endkapazitäten an.

Tabelle 15

Geplante Kraftwerke im Südosten

Salto Grande am Rio Paranapanema	92 000 kW
Barra Bonita am Rio Tietê	180 000 kW
Jurumirim am Rio Paranapanema	192 000 kW
Euclides da Cunha am Rio Pardo	132 000 kW
Limoeiro am Rio Pardo	40 000 kW
Itararé am Rio Paranapanema	520 000 kW
Bariri am Rio Tietê	175 000 kW
Ibitinga am Rio Tietê	160 000 kW
Promissão	300 000 kW
Caraguatatuba am Rio Paraiba	750 000 kW
Graminha	60 000 kW
Pirajú	102 000 kW
Desvio do Turvo	50 000 kW
Urubupungá-Itapura am Rio Paraná	4 000 000 kW
Lages	180 000 kW
Furnas am Rio Grande	1 100 000 kW
Três Marias am Rio São Francisco	550 000 kW

Die ersten fünf der aufgezählten Kraftwerksprojekte befinden sich bereits im Bau und dürften zu Anfang der sechziger Jahre mit einer ersten Kapazitätsstufe fertiggestellt sein. Der Ausbau bis zu den jeweiligen Endstufen verzögert sich erfahrungsgemäss oft mehr als 15 und sogar 20 Jahre und scheitert in nicht seltenen Fällen am Finanzierungsproblem. Auch in Furnas konnten die Bauarbeiten inzwischen beginnen, nachdem die Finanzierung der ersten Bauetappe durch eine Weltbankanleihe und durch Mittel aus dem Bundeselektrifizierungsfonds gesichert war. Die schwedische Firma Nydquist und Holm A/B wird das Kraftwerk mit den grössten Turbinen der Welt ausstatten.

Internationale Beachtung findet das Urubupungá-Projekt der Mailänder Elektrizitätsgesellschaft EDISON, die an der Einmündung des Rio Tietê in den Rio Paraná zwei Staudämme mit insgesamt 33 Turbinen errichten will. Gelingt es, dieses Projekt in die Tat umzusetzen, was mindestens zehn bis fünfzehn Jahre in Anspruch nehmen dürfte, dann wäre Urubupungá das grösste Kraftwerk Lateinamerikas.

Südbrasilien befindet sich in der vorteilhaften Lage, neben ausbauwürdigen Wasserkräften auch über Ballastkohle zu verfügen und so die Bedarfsspitzen durch billige thermische Zentralen ausgleichen zu können. Bei dem vorwiegend landwirtschaftlichen Charakter der südlichen Landesteile sind Versorgungsengpässe nur äusserst selten, weil keine sprunghaften Bedarfsausweitungen auftreten. Der steigende Konsumbedarf kann jeweils relativ leicht durch Vergrösserung der schon bestehenden Wärmekraftwerke aufgefangen werden.

5. Entwicklungsprobleme

Die Elektrizitätswirtschaft gilt als einer der kapitalintensivsten Wirtschaftszweige überhaupt. Die Kapitalbeschaffung zur Finanzierung von Kraftwerken und Leitungsnetzen [34] stellt so gut wie alle Länder vor ein schwieriges Problem.

Der wohl grösste Hemmschuh der Elektrizitätswirtschaft ist das Recht, das der Código de Aguas dem Staat einräumt, Energiegewinnungsanlagen *ohne Indemnisation* zu konfiszieren. Obwohl die Verfassung vom 18. September 1946 durch den Paragraphen 31, Art. 141, das Konfiszierungsrecht grundsätzlich aberkennt, gelang es kürzlich der Staatsregierung von Rio Grande do Sul (Gouverneur *Leonel Brizola*), die Elektrizitätsgesellschaft *Cia Energia Elétrica Rio Grandense* zu enteignen. Diese Massnahme — die nach Ansicht des gegenwärtigen Botschafters in London, *Assis Chateaubriand,* nur dem Stimmenfang für die künftigen Wahlen galt [35] — löste einen schweren Schock aus und zeigte, wie schutzlos die privaten Elektrizitätsgesellschaften dastehen, insbesondere wenn sie durch ausländische Energieversorgungsunternehmen kontrolliert werden.

In einer Botschaft an den brasilianischen Kongress wurde vom Präsidenten *Kubitschek* deutlich ausgesprochen, dass die herrschende Energiegesetzgebung und die damit zusammenhängende Kapitalflucht aus der Elektrizitätswirtschaft die Ursache der Strommangelsituation sei, und dass sich die Regierungspläne *ohne die Neugewinnung von Privatkapital* nur über *„drastische Steuererhöhungen"* („aumento drástico nas arrecadações") verwirklichen lassen könnten [36]. Zu einem ähnlichen Ergebnis führte auch eine vom *Instituto de Engenharia* veranstaltete Tagung (Semana de Debates sôbre Energia Elétrica, 9. bis 13. April 1956 in São Paulo), an der sich so hervorragende Energiewirtschaftler wie Professor *Luis Antônio Gama e Silva* und General *Carlos Berenhauser Júnior* beteiligten.

Inzwischen hat es sich erwiesen, dass Steuererhöhungen leichter durchführbar sind als die Revision der starren Energiegesetzgebung. Sondersteuern werden zur Finanzierung der Ausbaupläne erhoben und fliessen einem Elektrizitätsfonds zu. Der Ausbau der Schwerelektroindustrie wird stimuliert und forciert, um die Importabhängigkeit zu verringern — allein die neue Transformatorenfabrik der *Brown Boveri* in Osasco soll inner-

34) Die Kosten einer 220-kV-Fernleitung von 400 bis 500 km sind einschliesslich der notwendigen Umspann- und Schaltstationen höher als die Baukosten für ein kalorisches Grosskraftwerk, das im Verbrauchszentrum errichtet werden kann. (Siehe *Weber,* Österreichs Energiewirtschaft, a. a. O,. S. 192.)

35) Nähere Einzelheiten über die Enteignung, in: *Cotinco,* a. a. O., Wirtschaftsbericht Nr. 143.

36) Diário do Congresso vom 28. September 1956, Mensagem no 476/56.

halb von 10 Jahren eine Devisenersparnis von 45 Millionen Dollar erbringen [37].

Solange die Energiegesetzgebung nicht grössere Sicherheiten und Garantien bietet, sind dem Finanzierungsweg über den ausländischen Kapitalmarkt recht enge Grenzen gezogen. Immerhin wurden in den schwersten Krisenjahren verschiedene Anleihen durch die *International Bank for Reconstruction and Development* (IBRD) und durch die *Export-Import-Bank* gewährt. In den letzten Jahren sind diese Geldquellen jedoch etwas versiegt, weil die Banken, die auch nur über ein beschränktes Kreditpotential verfügen, die Erfahrungen machten, dass die Rückzahlungen aus fast allen lateinamerikanischen Ländern nur sehr schleppend kommen und manchmal sogar ganz ausbleiben. Lediglich die *Weltbank* zeigt sich weiter aktiv: Sie gewährte kürzlich eine 73-Millionen-Dollar-Anleihe (die zweitgrösste Einzelanleihe, die jemals von der Weltbank ausgegeben wurde) zum Ausbau des 1,1 Millionen kW starken Furnas-Kraftwerkes.

Da ein öffentlicher Kapitalmarkt mit anlagesuchendem Publikum sich in Brasilien nur zögernd entwickelt und die Börse zum Handeln von Aktienpapieren auch nur begrenzt funktioniert (die Aktienmehrheit befindet sich vornehmlich in Händen von Familien- oder Interessengruppen) [38], kommt der Selbstfinanzierung in Brasilien eine ungewöhnliche Bedeutung zu. Eine künftig revidierte Energiegesetzgebung sollte es sich deshalb besonders um die Erhöhung der Gewinnmöglichkeiten bei den Elektrizitätsgesellschaften angelegen sein lassen, um die Eigenfinanzierungskraft der Unternehmen zu stärken. Die zugleich mögliche Ausschüttung höherer Dividenden dürfte auch den inländischen Kapitalmarkt stimulieren. Eine Gesundung der Elektrizitätswirtschaft und damit, so vermuten wir, ein Gleichziehen zwischen Stromangebot und Stromnachfrage, wird der beste Weg der Kapitalbeschaffung sein und die unpopuläre Methode *„drastischer Steuererhöhungen"* und die ungesunde Methode der *„Finanzierung über die Inflation"* zumindest nicht weiter ausdehnen.

Der zunächst wichtigste Schritt zur Gesundung dürfte eine *„sinnvolle Tarifanpassung an das allgemeine inländische Preisniveau"* sein. Um die Preisvorgänge richtig zu erfassen, bereitet die Anwendung der Indextechnik allerdings noch Schwierigkeiten (Mangel an statistischen Unterlagen), wie ein unbefriedigender Versuch der Arbeitsgruppe Nr. 1 GTENE im *„Entwicklungsrat"* (Conselho do Desenvolvimento) zeigte [39].

---

37) *Transformadores nacionais para o plano nacional de eletrificação,* in: Diário de São Paulo vom 1. August 1957.

38) Vgl. *E. G. Lipkau,* Der Weg der brasilianischen Industrie, in: Staden-Jahrbuch, Bd. 6, São Paulo 1958.

39) Der Versuch ist im: Relatório do grupo encarregado da revisão da legislação da energia elétrica (Dokument Nr. 7) niedergelegt.

Selbstverständlich kommt es nicht darauf an, die Strompreise einmal zu erhöhen oder anzupassen; vielmehr muss eine *elastische Tarifpolitik* eingeschlagen werden, schon um den vielen kleinen Gesellschaften zu helfen, die zur Zeit zu nicht kostendeckenden Preisen weiterarbeiten müssen. Gerade im brasilianischen Hinterland dürfte sich eine bessere Ertragslage *in the long run* in neuen Kraftwerken und modernisierten und rationalisierten elektrischen Versorgungsnetzen niederschlagen und damit zur wirtschaftlichen Entfaltung vieler unterentwickelter Gebiete beitragen.

Die Energiegesetzgebung ist inzwischen so angeschwollen und dadurch unübersichtlich geworden, dass uns eine Bereinigung *unbedingt* erforderlich scheint. Der starre Código de Aguas sollte durch eine geschmeidige Energiegesetzgebung ersetzt werden, die vor allen Dingen die *undiskutierbaren Rechte der ausländischen Firmen* in vollem Masse garantieren muss — eine Forderung, die gerade im Hinblick auf die Abhängigkeit Brasiliens in der Anwendung von Atomenergie unerlässlich wird.

IV. Versuch einer Energiebilanz

Während wir in den vorangegangenen Kapiteln die verschiedenen klassischen Energiearten einzeln betrachteten, soll nunmehr der Versuch unternommen werden, eine Energiebilanz zu ziehen.

Brasiliens Energiewirtschaft steht vorläufig auf einer niedrigen Entwicklungsstufe, denn noch immer nehmen neben dem nicht abschätzbaren, aber vermutlich hohen Anteil menschlicher Muskelkraft am Energietotal, Holz, Holzkohle und Zuckerrohrbagasse einen wichtigen Platz in der Energiebilanz ein. Sie lassen sich aus dieser Position auch nur langsam verdrängen, weil in Brasilien vor allem das Holz praktisch eine *Ubiquität* darstellt, und seine Anwendung — obwohl technisch unrationell — verhältnismässig billig ist.

Einige Zahlen, die uns vom *Serviço de Economia Rural* zur Verfügung gestellt wurden, zeigen aber, dass durch den hohen Holzkonsum der Bevölkerung (jährlich sollen rund 50 Millionen t Holz allein in den Küchen des Landes verfeuert werden) und durch das sinnlose Niederbrennen des Urwaldes (meistens um Platz für Kaffeepflanzungen zu schaffen, wobei einmal gelegtes Feuer sich nur schwer wieder eindämmen lässt) der Volkswirtschaft Brasiliens schwere Schäden erwachsen. Von den 8,5 Millionen km² Land waren im Jahre 1911 circa 5 Millionen km² bewaldet; 1954 dagegen nur noch 3,7 Millionen km². Heute schätzt man die jährliche Waldvernichtung auf 2 — 3 Millionen Hektar (20 000 — 30 000 km²). Wie ins Land gerufene deutsche Forstfachleute festgestellt haben, sind die

klimatologischen Folgen dieses Raubbaues bereits weit vorgeschritten: Verminderte Niederschlagsmengen bedrohen die Wasser- und Stromversorgung der Grossstädte, und die Bodenerosion (die Regenzeit schwemmt den Humus fort, der Boden trocknet aus, und der natürliche Gehalt an organischem Stickstoff nimmt ab) ist zu einem ernsten Problem der Landwirtschaft geworden.

Inzwischen wurde eine Reihe von Gesetzen zum Schutze der Wälder erlassen. Die Gesetze zur Wiederaufforstung werden aber nur von der daran interessierten Papierindustrie befolgt; im übrigen geht der Raubbau unvermindert weiter.

Strukturverschiebungen im Energiebedarf führen dazu, dass der durch Holz gedeckte Nutzenenergiebedarf abzusinken beginnt. Als Heizmaterial für Lokomotiven wird das Holz mit der fortschreitenden Umstellung der Eisenbahngesellschaften auf Diesel-Motorenbetrieb mehr und mehr durch Dieselöl ersetzt, als Spender von Kochwärme durch die leistungsfähig gewordene nationale Gas- und Elektroherdindustrie verdrängt [40] und als Heizwärme zur Erzeugung von elektrischem Strom durch hochwertigere Energieträger substituiert.

Tabelle 16

Energiekonsum in Brasilien 1939, 1945, 1954, 1957 in Millionen kWh

Energiequellen	1939	1945	1954	1957
Alte Quellen	18 405	21 769	42 295	52 493
Flüssige Brennstoffe	*3 157*	*3 704*	*18 817*	*22 980*
Flugbenzin	27	120	553	710
Benzin	989	983	6 033	6 621
Leuchtöl	283	225	1 443	1 424
Dieselöl und Fuel Oil	1 810	2 331	10 692	13 832
Verschiedenes	48	45	96	393
Feste Brennstoffe	*12 984*	*14 350*	*15 171*	*16 513*
Kohle	3 556	3 165	4 097	4 385
Holz	7 171	8 333	6 166	5 650
Zuckerrohrbagasse	1 004	1 702	2 623	2 990
Holzkohle	1 253	1 702	2 288	3 488
Hydroelektrische Energie	*2 264*	*3 715*	*8 307*	*13 000*

Quelle: The Economic Development of Brazil, Appendix V, „Projection of the Demand for Energy in Brazil", ECLA, United Nations, E/CN 12/364 Add. 5, 1955, S. 25. Die Zahlen für 1957 wurden dem Artikel Desenvolvimento-Maior consumo de energia, in: Desenvolvimento e Conjuntura März 1958, S. 53, entnommen.

40) Schon um vor den Nachbarn einen höheren Lebensstandard zu dokumentieren, trachten die Haushaltungen danach, möglichst rasch den Holzherd durch einen Gas- oder Elektroherd zu ersetzen. Falls die dafür nötigen Anschlüsse vorhanden sind, werden die Herde meist ohne lange Kostenerwägungen gekauft und in vielen Monats-

Der Energiekonsum stieg zwischen 1939 und 1954 von 18,4 auf 42,3 Milliarden kWh und von 1954 bis 1957 um weitere 10 Milliarden kWh. Deutlich können an obiger Tabelle die *strukturellen Nachfrageumschichtungen des brasilianischen Energieverbrauchs* abgelesen werden.

Der Anteil der festen Brennstoffe, der im Jahre 1939 noch 71 % des gesamten Energiekonsums ausmachte, ist bis 1957 auf 31 % gesunken. Diese Entwicklung, die sich in allen Industrieländern oder sich industrialisierenden Ländern zeigt, ist der Tendenz nach nicht ungewöhnlich. Sie schliesst jedoch nicht aus, dass vorläufig noch zunehmende Absatzchancen für Heizkohlen bestehen, falls der Bau von Kohlekraftwerken in den Südstaaten beschleunigt und gleichzeitig das geplante interregionale Verbundssystem errichtet wird. Neue Möglichkeiten eröffnen sich ferner durch den gegenwärtig in den Laboratorien der USAEC und des US *Bureau of Mines* mit einem Spezialreaktor unternommenen Versuch, Kohle unter hohem Druck zu erhitzen und mit Kobalt-60 zu bestrahlen, wobei sich die Kohle *direkt in Methangas* verwandelt [41].

Bemerkenswert ist der sprunghafte Anstieg des Anteils der flüssigen Brennstoffe, der sich von 17 % auf 44 % des Gesamtkonsums erhöhte und klar erkennen lässt, wie sich die Schwerpunkte der Konsumentennachfrage verlagern. Dieser Anteil dürfte auch weiter ansteigen. Es besteht jedenfalls kein Grund zur Annahme, dass die flüssigen Brennstoffe etwa einmal durch Atomenergie *niederkonkurrenziert* werden könnten; vielmehr dürften beide Energiequellen sich wertvoll ergänzen und ihre eigenen Wirkungsbereiche finden.

Der Anteil des Wasserkraftstroms am gesamten Energiekonsum erhöhte sich im Zeitraum von 1939 bis 1957 von 12 % auf 25 % und wird in den nächsten Jahren noch stärker zunehmen, da inzwischen die Regierung den Ausbau der Elektrizitätswirtschaft an die Spitze aller wirtschaftlichen Vorhaben gestellt hat [42]. Höhere Zuwachswerte wären zweifellos schon früher aufzuweisen gewesen, wenn sich die Entwicklung auf dem Stromsektor normaler vollzogen hätte.

Die installierte Leistung konnte in der Zeit von 1956 bis 1960 von 3,1 Millionen kW auf 5 Millionen kW erhöht werden. Trotzdem gelang es nicht, das Stromangebot auf die Nachfrage abzustimmen, die durch Industrialisierung, Gewinnung neuer Verbraucherschichten, Bevölkerungszunahme und infolge des steigenden Lebensstandards in raschem Zunehmen begriffen ist. In ausnahmslos allen grösseren Konsumzentren

---

raten abbezahlt. Sind die Anschlüsse nicht vorhanden, wird auch vielfach mit dem teureren Flaschengas gekocht.

41) Siehe: *Die Atomwirtschaft*, 4/59, S. 162.

42) *Brasil, Presidência da República*, Conselho do Desenvolvimento: Plano de desenvolvimento econômico, Rio de Janeiro 1957.

sind hohe Voltschwankungen und Stromunterbrechungen an der Tagesordnung, vor allem mittags und abends, wenn die seit Jahren überbeanspruchten Stadt- und Überlandleitungen den Spitzenbelastungen nicht standhalten. Zu langandauernden Stromunterbrechungen führen vielfach auch die heftigen tropischen Gewitter.

Das akkumulierte Stromdefizit der vergangenen zwei Jahrzehnte lässt sich mangels statistischer Unterlagen nicht genau feststellen. Man nimmt in der Elektrizitätswirtschaft heute in grober Schätzung an, dass sich das Defizit in der Grössenordnung von 1,6 Millionen kW bewegt und hauptsächlich das wirtschaftlich am weitesten entwickelte Landesgebiet, die Mittel-Ost-Region, beeinträchtigt. Hier erhalten neuentstehende Betriebe nur rationierte Kraftstromzuteilungen, und selbst dies noch unter grossen Schwierigkeiten und nur nach langem Warten.

Die Zukunft bereitet Sorge, besonders in der Mittel-Süd-Region. Von der gesamten installierten elektrischen Stromleistung des Landes (im Jahre 1958 rund 3,6 Millionen kW) entfielen auf diesen Raum allein 2,8 Millionen kW. Diese gehörten zu 60 % der *Brazilian Traction, Light and Power,* zu 11,5 % der Gesellschaft *Emprêsas Elétricas Brasileiras,* zu 4,5 % der CEMIG und zu 24 % anderen Stromerzeugern, eingeschlossen die Eigenerzeuger-Konsumenten. Bis 1966 sollen die Stromkapazitäten auf 6,4 Millionen kW erweitert sein, doch zeichnen sich für die im Bau stehenden Grossanlagen wie Três Marias, Furnas und andere in letzter Zeit immer stärkere Finanzierungsschwierigkeiten ab.

Nach Ansicht des Leiters des Furnas-Unternehmens, *John R. Cotrim,* werden sich die vorgesehenen Produktionszahlen nicht erreichen lassen und ab 1964/1965 schwere Engpässe in der Stromversorgung eintreten. Ähnlich lautet das Urteil des bekannten brasilianischen Energiefachmannes *Morel Reis,* der in vielen Zeitungsaufsätzen immer wieder darauf hinweist, dass nach seinen Berechnungen selbst bei raschester Fertigstellung der im Bau befindlichen Kraftwerksanlagen eine grosse Energiekrise nicht aufzuhalten sein werde.

Es sind nicht nur die Energiefachleute, denen die Energiesituation des Landes Sorge bereitet, sondern auch die Industrie steht der künftigen Stromversorgung skeptisch gegenüber. Man befürchtet, dass erneute Rationierungsmassnahmen im öffentlichen Verteilernetz zu Produktionseinschränkungen führen könnten. Fast alle grösseren Industriebetriebe planen deshalb auch weiterhin in ihre Fabrikationsstätten Dieselaggregate zur Eigenstromerzeugung ein.

Tatsächlich steht heute mit Sicherheit fest, dass für die Ballungszentren der Mittel-Süd-Region das konsumnahe Wasserpotential nahezu ausgeschöpft ist, und dass der Ausbau der konsumfernen Wasserkräfte sich nicht im gleichen Rhythmus vollzieht, wie der elektrische Strom-

bedarf wächst. Es beständen zwar für den Wirtschaftsraum São Paulo noch verschiedene Möglichkeiten, die Wasserüberschüsse aus der Regenzeit im hügelartigen paulistaner Hinterland zu speichern, um bei Niederwasserführung der Flüsse die Wasserkraftwerke aus Talbecken oder Stauseen zu speisen, doch gelangte man in den letzten Jahrzehnten immer stärker zur Überzeugung, dass die Kosten von Wasserreservoirs in keinem Verhältnis zu ihrem Nutzen stehen, weil das gestaute Wasser zu leicht im porösen Boden versickert und zu schnell unter der starken Sonneneinwirkung verdunstet.

Die starke Sonneneinwirkung könnte für Brasilien aber künftig doch von grösster Bedeutung werden, denn „jährlich wird die Erde von einer Sonnenstrahlungsenergie überflutet, welche der Leistung einer Milliarde Milliarden kWh darstellt, was der Verbrennung von mehr als 100 000 Milliarden t Kohle oder 70 000 Milliarden t Erdöl entspricht“ [43]. Sonnenenergieanlagen werden gegenwärtig in Frankreich, in der UdSSR und in Italien auf ihre Wirtschaftlichkeit geprüft, doch „über die Ökonomik der Sonnenenergie ist noch zu wenig Konkretes bekannt, als dass man über den mutmasslichen Anteil dieser Energiequelle am Gesamtverbrauch der Zukunft ein Urteil abgeben könnte. Sicher ist jedoch, dass die technischen Probleme weitgehend gelöst sind, und man deshalb die Erstellung von Versuchsanlagen grösseren Ausmasses ins Auge fassen wird“ [44].

Wir können und wollen in unserer Arbeit keine Energiebedarfsprognosen aufstellen, einmal, weil es an brauchbarem statistischem Material fehlt, und zum anderen, weil der gegenwärtige Zeitpunkt für eine Prognostizierung äusserst ungünstig ist. Davor wurden wir auch durch die kompetente *Fundação Getúlio Vargas* und durch den *Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica* gewarnt. In der wenig konsolidierten, politisch anfälligen brasilianischen Energiewirtschaft wären Prognosen, seien sie nun mittel- oder langfristig, ohnehin äusserst fragwürdig und nur begrenzt brauchbar [45].

Auch ohne statistisches Zahlenmaterial kann aber die Folgerung gezogen werden, dass Brasilien, gleichgültig ob es nun zu Energiekrisen noch grösseren Ausmasses kommen wird oder nicht, einer vom Klima unabhängigen und *„verbrauchsorientiert“* einsetzbaren Energieform bedarf.

---

43) *H. F. Staub,* Über Ziele und Möglichkeiten einer europäischen Energiepolitik, Dissertation Basel 1960, S. 39.

44) Ebenda, S. 39 ff.

45) Zu den jüngsten Kontroversen über Energieprognosen siehe: *R. Regul,* Energieprognosen, ihre Grenzen und ihr Nutzen, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 7. März 1959, S. 5; ferner zum allgemeinen Problem der Energiebilanz und -prognose: *F.-J. Rümler,* Wirtschaftliche Probleme bei der Aufstellung von Energiebilanzen und bei der Vorausschätzung des Energiebedarfs, München 1960.

Es bieten sich hierfür zwei Möglichkeiten an: das Wärmekraftwerk und das Atomkraftwerk.

Bei der vergleichenden Gegenüberstellung verschiedener Kraftwerkstypen wird oftmals übersehen, dass auch die Wärmekraftwerke sich in einem technischen Entwicklungsprozess befinden, d. h. zweckmässiger und auch wirtschaftlicher werden. Der Bau grosser Wärmekraftwerke wird seit der Regierung *Kubitschek* jedoch nicht mehr befürwortet, mit der Argumentation, dass die heimische Erdölförderung die inländische Nachfrage nicht zu decken vermöge und eine weitere Belastung der Zahlungsbilanz durch zusätzliche Rohöleinfuhren nicht zumutbar sei. Diese Argumentation ist soweit richtig, doch scheint uns, dass das Wärmekraftwerk zweifellos noch einsatzlohnend ist, wenn auch nur in engbegrenzten Gebieten wie beispielsweise um die Städte Florianópolis und Pôrto Alegre mit ihren verbrauchsnahen Kohlefeldern. Der schwerwiegende Kostenfaktor Transport fällt ebenso im erdölhöfigen Bahiagebiet hinweg, wo die hohen brenntechnischen Eigenschaften des Erdgases besser ausgenützt werden könnten [46].

Dank der allen Neuerungen sehr aufgeschlossenen Landespresse rückt das Atomkraftwerk stärker in das Blickfeld der brasilianischen Öffentlichkeit [47]. Mit vollem Recht wird eine grundlegende Änderung der ungünstigen Energiebilanzen der dichtbesiedelten und industriereichen Gebiete sowie die Erschliessung der küstenfernen Regionen des Landes gefordert. Wir wollen deshalb im zweiten Teil dieser Arbeit die *Expansionsmöglichkeiten des Energieangebots durch den Einsatz von Atomenergie* näher untersuchen.

---

46) Siehe hierzu auch *T. Borba,* Bahia, Economia de mais de US $ 6 milhões, in: Observador Econômico e Financeiro, August 1956.

47) In Brasilien, und die Situation dürfte ähnlich auch in allen anderen Entwicklungsländern liegen, werden von der breiten Masse fast keine Bücher gelesen, dafür aber um so mehr die sehr ausführlichen und ausgesprochen instruktiven Zeitungen, von denen die Sonntagsausgaben bis zu 150 Seiten umfassen.

Zweiter Teil

EINSATZMÖGLICHKEITEN VON ATOMENERGIE IN BRASILIEN

I. Stand der Leistungsreaktoren-Entwicklung

Trotz der umfangreichen Literatur über fast alle mit *„dem Atom"* verbundenen Wissensgebiete besteht über den tatsächlich erreichten Stand der Leistungsreaktor-Entwicklung viel Unklarheit. Da die Trennungslinie zwischen militärischer und rein friedlicher Atomtechnik immer stärker verwischt — am Musterbeispiel des atomaren Schiffsantriebs zeigt sich dies deutlich —, sind die Unklarheiten weniger militärischen Geheimhaltungsvorschriften zuzuschreiben als vielmehr der verwirrenden Publizität, mit der zahllose Reaktorprojekte angekündet und fast ebensooft widerrufen werden.

Erschwert wird eine allgemeine Übersicht zudem durch die teilweise bereits krass hervortretenden *„konkurrenzwirtschaftlichen Überlegungen"* von Reaktorbaufirmen und Zubehör-Erzeugern, die den für den erfolgreichen Fortgang der Forschung und industriellen Entwicklung auf allen Atomkonferenzen und -tagungen sowie bei allen Vertragsabschlüssen geforderten *„unbeschränkten technischen Informationsdienst"* nur unvollkommen einhalten oder sogar ganz umgehen. Dies gilt in erster Linie von den neuesten Erfahrungen aus dem Betrieb von Reaktoren, über die meist nur wenig Genaues publiziert wird. Lückenhaft sind auch die technologischen Angaben über die Verfahren zur Herstellung von Reaktormaterialien; doch muss hier bemerkt werden, dass die Verfahren, die im Rahmen der AEC-Programme entwickelt wurden, vielfach noch den Zugangsbeschränkungen („secret" und „confidential") des *Technical Information Service* (TIS) unterliegen.

Mangelnder Erfahrungsaustausch und unkoordinierte Entwicklungsprogramme können leicht dazu führen, dass, wie es in Grossbritannien und in der Bundesrepublik Deutschland bereits geschehen sein soll, *Doppelarbeit* geleistet wird, woraus unter Umständen ganz erhebliche volkswirtschaftliche Kosten erwachsen.

Die Entwicklung der Atomtechnik, insbesondere die Entwicklung von Leistungsreaktoren, befindet sich heute in einer entscheidenden Phase des Übergangs zur wirtschaftlichen Ausnützung der erforschten und erprobten Möglichkeiten. Die tiefgreifende Ernüchterung in bezug auf die unmittelbaren Zukunftsaussichten der Kernenergienutzung, die sich am stärksten

in den Vereinigten Staaten bemerkbar machte, als man erkannte, dass sich die atomtechnische Entwicklung bedeutend langsamer vollziehen und erheblich kostspieliger erweisen werde, als man im Optimismus der Jahre 1954, 1955 und auch noch 1956 angenommen hatte [48], ist inzwischen wieder einem realistischen Optimismus gewichen. Nicht unerheblich dürfte zum Neuerwachen des Optimismus beigetragen haben, dass endlich die Fehde ruht, die zwischen demokratischen und republikanischen Kreisen über die Reaktorentwicklung ausgebrochen war [49] und die 1958 zum Rücktritt von *Lewis Strauss* führte. Von den Gegnern der USAEC wird aber immer noch vor der Gefahr der Zersplitterung gewarnt und in einer Art „Sputnik-Psychose" auf Grossbritanniens Vorsprung im Bau von Leistungsreaktoren und in der Erzeugung atomaren Stroms hingewiesen.

Dieser Vorsprung besteht in der Tat, aber nur deshalb, weil die englischen Konstrukteure ihre Anstrengungen bewusst auf die Weiterentwicklung des Calder-Hall-Typs konzentrieren, da energiewirtschaftliche Gründe (die Vorräte an wirtschaftlich abbauwürdiger Kohle nehmen rapide ab; die wenigen Wasserkräfte der Insel sind bereits ausgeschöpft, und wie anfällig die Ölversorgung sein kann, hat Europa während der Suezkrise deutlich zu spüren bekommen) Grossbritannien dazu zwingen, möglichst rasch ein zu wirtschaftlichen Bedingungen stromerzeugendes Reaktorsystem zu entwickeln.

Die in diesem Punkt gegenteilige Auffassung der Briten und Amerikaner kam anlässlich des *Calder-Hall-Symposiums* 1956 durch Professor *J. M. Kay* treffend zum Ausdruck: „It was surprising how many people retained faith in the idea that there might be something much better just round the corner. Those who had been concerned with the actual development of nuclear power in the United Kingdom knew that progress had been made only the steady and relentless work of an organized team of design engineers concentrating on one project at a time" [50].

Dagegen ist das amerikanische Entwicklungsprogramm nicht aus der Not mangelnder Primärenergie geboren, und diese Tatsache gestattet es den USA, eine viel breiter angelegte Pionierarbeit zu leisten. Um einen Begriff von der Grössenordnung der amerikanischen Anstrengungen zu

---

48) Siehe hierzu: *W. Finke,* Die Entwicklung von Leistungsreaktoren in den USA, in: Die Atomwirtschaft, Juli 1958, S. 279 ff., und die Fortsetzung des Artikels im Heft Oktober 1958, S. 398 ff.

49) Die demokratische Seite verlangte seinerzeit die Errichtung staatseigener Kernkraftwerke, während die republikanische Seite lediglich eine staatliche Beihilfe für den Bau privater Kernkraftwerke forderte. Eine Entscheidung darüber ist bisher nicht gefallen, denn die AEC zeigt sich in dieser Frage ausserordentlich zurückhaltend.

50) Zitiert bei: *W. Junkermann,* Wann werden Atomkraftwerke wirtschaftlich, in: Die Atomwirtschaft, März 1958, S. 96.

bekommen, braucht man sich nur folgende eindrucksvolle Zahlen vor Augen zu führen: In der Zeit zwischen dem 2. Dezember 1942 (Enrico Fermi-Reaktor) und dem 31. Dezember 1957 sind in den Vereinigten Staaten 149 Kernreaktoren in Betrieb genommen und 28 bereits wieder abgerissen worden. Um die Jahreswende 1957/58 befanden sich noch 89 amerikanische Reaktoren im Bau und weitere 67 im Stadium der Planung [51].

Während es den auf den Calder-Hall-Typ spezialisierten Briten schon heute gelingt, ihr Modell auf dem internationalen Markt zu lancieren (die *General Electric Company Limited of England* baut z. B. in Tokai-Mura, 70 Meilen nordöstlich von Tokio, ein erdbebensicheres Atomkraftwerk mit einem gasgekühlten Graphitreaktor und einer Leistungsfähigkeit von 150 MW), werden sich die riesigen amerikanischen Anstrengungen erst in Zukunft bezahlt machen [52].

Das Ziel ist und bleibt aber selbstverständlich der Leistungsreaktor, und zwar die Herstellung von Leistungsreaktoren in Serienfabrikation. Durchblättert man den Anzeigenteil der 45 periodisch erscheinenden Atom-Fachzeitschriften, erkennt man, dass der Kampf von Reaktorbaufirmen und Zubehör-Erzeugern um den Marktanteil bereits in vollem Gange ist. Obwohl viele Reaktortypen sich noch im Versuchsstadium befinden und ihr Reifestadium vermutlich erst gegen Mitte der sechziger Jahre erreichen dürften, werden schon heute in zunehmendem Masse die künftigen Auftraggeber von Atomkraftwerken (Länder, Städte, Gemeinden, Energieversorgungsunternehmen, Reedereien, stromintensive Industrien usw.) umworben.

Während in den Vereinigten Staaten noch bis zum *„Atomic Energy Act of 1954"* [53] das gesamte Gebiet der Atomenergie aus Gründen der nationalen Verteidigung absolutes Staatsmonopol war, sind es heute mehr und mehr Privatunternehmen, die sich auf dem weiten Gebiet der Atomenergienutzung betätigen. Eine Anzahl von Unternehmungen, die sich in der Hoffnung auf baldige Gewinne und ohne genügende Vorstellung von den Schwierigkeiten und Kosten dem *„Atomgeschäft"* zugewandt hatten, sahen sich allerdings gezwungen, aus diesem wieder auszusteigen. In den

---

51) Siehe die Zahlen bei: *W. Finke,* a. a. O., S. 279.

52) Bis zum Jahre 1965 wollen die USA einen Absatz von 120 Atomreaktoren erzielen; dabei handelt es sich allerdings noch vorwiegend um Forschungs- und Materialprüfreaktoren.

53) Vgl. hierzu: *K. Schmidt-Amelung,* Organisation und Anlagen des Auslandes auf dem Gebiet der Atomenergie, in: Atomenergie, Wege zur friedlichen Anwendung, Frankfurt am Main 1956, S. 113. Einen zusammenfassenden Überblick über die Entwicklung und die Probleme des Atomenergierechts in den Vereinigten Staaten vermittelt ferner mit einer Klarheit von bester französischer Tradition *G. Fischer* in seinem Buch: L'Energie Atomique et les Etats-Unis, Paris 1957.

letzten Jahren lässt sich deshalb in allen Ländern, die sich mit der Entwicklung der Atomtechnik befassen, eine deutliche Tendenz zu Zusammenschluss und Konzentration von einzelnen Firmen zu Gruppen beobachten.

In Grossbritannien bestehen schon seit längerer Zeit verschiedene grosse Gruppen, von denen hier nur die wichtigsten genannt seien: *Nuclear Power Plant Comp., General Electric Comp., Associated Electrical Industries-John Tompson Group* und die *English Electric* sowie *Babcock and Wilcox.*

In Frankreich arbeiten vier der grössten Industriekonzerne untereinander und mit dem Atomkommissariat zusammen. Es sind dies: die *Société Rateau, die Société des Forges et Aciéries du Creusot* (Schneider), die *Société Alsthom* und die *Société Alsacienne de Constructiones Mécaniques.*

Einige Unternehmen sind bereits in der Lage, vollständige Atomkraftwerke zu bauen und auf Wunsch auch eigene Reaktorsysteme zu entwickeln. Angeboten werden meist kleine Atomkraftwerke, in der vermutlich richtigen Erkenntnis, dass sich diese trotz höherer Atomstrom-Produktionskosten werden leichter verkaufen lassen als die ungleich teureren, dafür aber wirtschaftlicheren Atomkraftwerke von 100 und mehr Megawatt.

Die *Arbeitsgemeinschaft Brown Boveri* und *Friedrich Krupp* hat die Entwicklung von speziellen Kleinkraftwerken und nuklearen Schiffsantrieben aufgenommen. Niedrige Stromgestehungskosten verspricht sich die Arbeitsgemeinschaft ferner von einem *„advanced type reactor"*, der es ermöglichen soll, sehr hohe Temperaturen zu erzielen, so dass moderne Dampfturbinen verwendet werden können. Der Temperaturbereich soll zwischen 600° C und 1000° C liegen, und der Brennstoff aus 20 % angereichertem Uran bestehen. Ein Versuchskraftwerk mit einer elektrischen Leistung von 15 MW wird auf dem Gelände des Forschungszentrums des Landes Nordrhein-Westfalen bei Jülich errichtet.

In den USA ist bei der *General Electric* ein 128-Millionen-Dollar-Projekt unter dem Namen *„Operation Sunrise"* angelaufen, um die intensive Weiterentwicklung von fünf Siedewasserreaktoren als Basis für spätere konkurrenzfähige Atomkraftwerke zu erreichen und in einer zweiten Etappe, der sogenannten *„Operation Know-How"*, den Siedewasserreaktor als Klein-Atomkraftanlage in Massenproduktion herzustellen. Die *Westinghouse Electric Corp.* dagegen will schon in Kürze Leistungsreaktoren in zwei verschiedenen Ausführungen sozusagen zu Katalogpreisen anbieten.

Aus der Vielzahl von Reaktoren kristallisieren sich einige Typen und Varianten immer stärker heraus, die hier kurz aufgezählt werden sollen.

Zunächst wäre der englische *Graphitreaktor* (Graphit Moderated Reactor) zu nennen, der mit natürlichem Uran als Spaltstoff und mit Kohlendioxyd als Wärmeübertragungsmittel arbeitet. Dieser Reaktor, dessen Prototyp in Calder Hall steht, wurde auch in Marcoule (Frankreich) erprobt und besitzt den Vorteil, dass sein Aufbau im Vergleich zu anderen Reaktortypen einfach und robust ist. Darüber hinaus trägt der Calder-Hall-Typ einen grossen Entwicklungsspielraum für Konstruktionsverbesserungen in sich, der es in Zukunft vielleicht erlaubt, die ausserordentlich grossen Dimensionen des Types zu verringern.

Der Calder-Hall-Typ wird mit Energie und Zielstrebigkeit etappenweise (Berkeley, Bradley, Hinkly Point, Hunterston, Chapelcross) weiterentwickelt. Man konzentriert sich dabei im wesentlichen auf Leistungsverbesserung und Herabsetzung der Kosten des Brennstoffkreislaufs[54]. Um eine höhere Brenndauer zu erzielen, wird jetzt stärker auf die Verwendung von leicht angereichertem Uran abgestellt, doch ist es noch keineswegs sicher, ob sich beim gegenwärtigen Preis für die Anreicherung (1 %ig angereichertes Uran kostet gegenwärtig US $ 75.25; 10 %iges US $ 1 529.00; 90 %iges US $ 15 361.00) die Kosten des Brennstoffkreislaufes auch tatsächlich werden senken lassen. *In the long run* dürfte dies aber wohl doch der Fall sein, zumal in verschiedenen Versuchs- und Forschungszentren intensiv an der Entwicklung einfacherer und billigerer Anreicherungsanlagen (der Bau einer Isotopentrennanlage kostet in den USA gegenwärtig ca. 800 Millionen Dollar!) gearbeitet werden soll. Erst kürzlich konnten in der Bundesrepublik Deutschland einige neue Patente für Anreicherungsmethoden angemeldet werden.

Mit dem *Druckwasserreaktor* (Pressurized Water Reactor) der Zentrale Shippingport am Ohiofluss und dem *Kochwasserreaktor* (Boiling Water Reactor) des Kraftwerkes Dresden haben die Vereinigten Staaten aus der Vielzahl der in den vergangenen Jahren projektierten Reaktoren zwei Prototypen bis zur Betriebsreife durchentwickelt, die nach harten Bewährungsproben in Unterseebooten als besonders zuverlässig und sicher gelten.

Beim *Druckwasserreaktor* wird Wasser unter hohem Druck durch den Reaktorkern gepresst, absorbiert grosse Mengen der durch die Atomspaltung erzeugten Hitze und verwandelt sich in einem Röhrensystem zu Dampf, der einen Turbinendynamo in Bewegung setzt. Bei einem *Kochwasserreaktor* dagegen wird das Wasser durch Kernspaltung erhitzt und

54) Siehe: *United Kingdom Atomic Energy Authority,* The Technology of the Gas-Cooled Power Reactor and Related Subjects, London 1958. Das Heft, das anlässlich der Zweiten Genfer Atomkonferenz (1.—13. September 1958) herausgegeben wurde, enthält 17 Berichte über die Entwicklung des gasgekühlten, graphitmoderierten Reaktors.

im Reaktor selbst zum Verdampfen gebracht. Dieser *„Primärdampf"* bringt seinerseits in einem vom Reaktor unabhängigen und deshalb vor Strahleneinwirkungen geschützten Kreislauf Wasser zum Verdampfen. Der so gewonnene *„Sekundärdampf"* wird auf eine Turbine geleitet, während der „Primärdampf" den Kreislauf durch den Reaktor von neuem beginnt.

Unter den heranreifenden Reaktortypen sei der *Sodium-Graphit-Reaktor* (Sodium als Kühlflüssigkeit und Graphit als Moderator) erwähnt, der zur Zeit in Hallam (Nebraska, USA) erprobt wird, und von dem man sich später besonders niedrige Anlage- und Brennstoffkosten verspricht [55].

Der bedeutendste heranreifende Reaktortyp ist zweifellos der *Brutreaktor* (Breeder), der den Vorteil hat, mehr spaltbares Material zu erzeugen als er selbst verbraucht. Aus dem nicht spaltbaren U 238 wird das spaltbare Plutonium ausgebrütet, das dann zur Beschickung weiterer Reaktoren verwendet werden kann. Das kostbare (jedenfalls heute noch kostbare) Plutonium lässt sich als Nebenprodukt der Energiegewinnung herstellen und kann — die Stromgewinnungskosten des Reaktors senkend — weiter verkauft werden. Sehr treffend bemerkt *Wendt* dazu: „Die Existenz energieerzeugender Anlagen, die mehr Brennstoff erzeugen als konsumieren, ist nicht nur eine der zahlreichen Absonderlichkeiten des anbrechenden Kernzeitalters, sondern auch einer jener aussergewöhnlichen Faktoren, die Anlass zu der Hoffnung geben, dass die Kernreaktoren früher oder später unsere heutigen thermischen Kraftwerke werden ersetzen können" [56].

Von der *Power Reactor Development Co.* wird in der Nähe von Detroit ein sogenannter *„Schnell-Brutreaktor"* mit einer elektrischen Leistung von 90 000 kW errichtet, und in Nordschottland ist bereits der Brutreaktor von Dounreay in Betrieb. Bis Mitte der sechziger Jahre glaubt man in Grossbritannien, genug Erfahrungen mit Prototypen von Brütern gesammelt zu haben, um dann den Einsatz von *„Brut-Leistungskraftwerken"* verantworten zu können.

Dagegen sind die Entwicklungsarbeiten am *„Thorium-Brutreaktor"*, einer Variante des breeders, der Thorium anstelle des U 238 als Brutmaterial verwendet, weniger weit gediehen, weil wegen starker Explosionsgefahr zunächst spezielle Sicherheitsbedingungen geschaffen werden müssen. Es wäre deshalb ein Fehler, wenn die thoriumreichen Länder

---

55) Vgl. *Siegel, S.; Carter, R.; Bowman, F. E.; Hayward, R. B.*, Technology of the Sodium-Graphite-Reactor. Peaceful Uses of Atomic Energy, Vol. IX., New York: United Nations 1956, S. 321 ff.

56) *G. Wendt*, Die friedliche Verwendung der Kernenergie, Frankfurt am Main 1957, S. 62 ff.

ihre Atomprogramme verzögern wollten, um die Einsatzfähigkeit dieses Reaktortyps abzuwarten.

Heute stehen die Atomkommissionen fast aller Länder vor der schwierigen Frage, welchem Reaktortyp der Vorzug zu geben sei. Nach unserer Ansicht lässt sich diese Frage — beim heutigen Stand der Reaktorentwicklung — nicht eindeutig beantworten. *Hardung-Hardung* weist darauf hin, dass von den 300 Reaktoren, die sich Ende 1956 in Betrieb, im Bau oder in Planung befanden, nicht zwei völlig gleichen Aufbaues waren [57].

Bevor nicht die zahlreichen technischen Lösungen und Kombinationsmöglichkeiten ausprobiert sind, wird von Vereinheitlichung und Rationalisierung der Reaktorbaukonstruktionen kaum die Rede sein können. „In irgendeinem Zeitpunkt werden sich aber zweifellos optimale Lösungen herauskristallisieren und damit viele noch heute diskutierte Typen ausscheiden" [58].

II. Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Atomenergie

Im Gegensatz zum Optimismus, den die Kostenprognosen der I. Internationalen Atomenergiekonferenz (Genf 1955) allgemein auslösten, ist man heute in der Beurteilung zukünftiger Atomstromkosten vorsichtiger geworden.

In der Tat ist eine vorsichtigere Beurteilung der Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Kernenergie geboten, denn die ausserordentlich schnelle Entwicklung der Atomtechnik lässt die Zahl der Reaktorsysteme, Materialkombinationen und Spaltmaterialien so gross werden, dass das weite Feld für den Einzelnen kaum noch überschaubar ist. Vergleichende ökonomische Analysen, wie sie bis 1956/1957 noch sehr häufig anzutreffen waren, sind deshalb heute fast undurchführbar geworden. Immerhin lässt sich grob folgern, dass sich die Aussichten auf Verbilligung der Atomstromkosten durch die wachsenden Kombinationsmöglichkeiten erhöhen.

Vorsicht ist auch deshalb geboten, weil zahlreiche physikalische und insbesondere technologische Probleme im gegenwärtigen Zeitpunkt noch ungelöst sind [59]. Zudem hat es sich gezeigt, dass sich viele auf dem Papier

---

57) Vgl. *H. Hardung-Hardung,* Chancen in der Atomwirtschaft, Düsseldorf 1958, S. 75.

58) Ebenda, S. 76.

erzielte Lösungen in der Praxis entweder anders verhalten oder nur unvollkommen bewähren. Das erklärt auch die dem Laien oft unverhältnismässig gross scheinende Zahl von Forschungs- und Materialprüfreaktoren und den nur zögernd einsetzenden Bau von Leistungsreaktoren.

Es sind die ständig neuen Erfahrungen und Erkenntnisse aus dem Reaktorbetrieb, die der Atomwissenschaft so oft ein verändertes Bild geben, und die dem Ökonomen sowie den wirtschaftlich interessierten Atomingenieuren ihre mühsam aufgestellten Kostenanalysen umwerfen.

Ein überzeugender Beweis für die wirtschaftliche Ebenbürtigkeit der Kernelektrizität konnte bislang nicht erbracht werden. Es ist jedoch nicht zu vergessen, dass zur Zeit keine Leistungsreaktoren in Betrieb stehen, die ausschliesslich für zivile Zwecke Strom erzeugen. Wahrscheinlich bestünde über Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit von Atomstrom heute wesentlich mehr Klarheit, wenn nicht die Plutoniumerzeugung vorläufig noch die Hauptfunktion aller bislang erbauten Atomkraftwerke wäre. Selbst bei dem jüngsten in Betrieb genommenen Atomkraftwerk in Chapelcross, jenseits der schottischen Grenze, kommt der anfallenden Elektrizität nur die Bedeutung eines Nebenproduktes zu. Bei den in den Vereinigten Staaten errichteten Prototypen waren beim Bau die Gestehungskosten für Strom aus Kernenergie ebenfalls nicht ausschlaggebend, denn die Erstellung wurde vorwiegend durch militärische Aspekte bestimmt.

Es muss deshalb betont werden, dass es sich bei den zahllos anzutreffenden Kostenaufstellungen noch um Schätzungen handelt, und zwar um recht spekulative Schätzungen, die mangels Betriebserfahrung mit vollmassstäblichen Leistungsreaktoren auf einer grossen Zahl von Annahmen beruhen. Da die Annahmen Grundprobleme wie die Lebensdauer der Brennelemente, den Lastfaktor oder das Betriebs-Leistungsniveau berühren, können bei der Bewertung der Variablen Kalkulationsergebnisse zustande kommen, die extrem auseinanderliegen.

So können, je nach dem Optimismus oder Pessimismus des Schätzenden, allein schon bei den Betriebskosten — sie werden der Einfachheit halber in Kostenanalysen gerne bagatellisiert — unterschiedliche Annahmen zu erheblichen Kostendifferenzen führen. In der Regel basieren die Prognosen auf einem Lastfaktor von 60 bis 80 %. Dieser in den Pro-

---

59) Erwähnt sei an dieser Stelle nur die Problematik von rationeller Wärmeübertragung. Zu einem Atomkraftwerk gehört vorläufig immer noch der Turbogenerator. Es muss also über eine dampfgetriebene Turbine mit nachgeschalteter Dynamomaschine mechanische Energie in elektrische Energie umgeformt werden. Obwohl es bereits gelungen ist, die bei der Kernspaltung freigewordene Energie direkt in Elektrizität umzuwandeln, wird allgemein angenommen, dass bis zur endgültigen praktischen Lösung noch einige Jahre vergehen werden.

gnosen verwendete Lastfaktor dürfte ein sehr unwahrscheinlicher Wert sein, denn Atomkraftwerke sind — falls es die Betriebsverhältnisse eines Netzes zulassen — zur Erzeugung von Grundlastenergie mit hoher jährlicher Ausnutzungsdauer der installierten Leistung besonders geeignet [60]. In Versuchsreaktoren konnten schon Lastfaktoren von nahezu 100 % eingehalten werden, wobei die Reaktoren über Wochen zuverlässig arbeiteten. Ein steigender Lastfaktor aber senkt „praktisch linear" [61] die Kosten der Kilowattstunde.

Auch das Leistungsniveau eines Reaktors lässt sich beim heutigen Stand der technischen Entwicklung nur schwer auf dem Papier vorausbestimmen. Beispielsweise liess sich beim EBR in Argonne, der auf 20 MW Wärmeleistung geplant war, eine Leistungssteigerung auf 50 MW erzielen — eine Erfahrung, die ähnlich auch mit anderen Atomkraftwerken gemacht worden sein soll.

Beim Brennstoffzyklus stösst der Schätzende auf die grössten Unsicherheitsfaktoren. Zunächst einmal ist die Produktion und Fertigung der Kernbrennstoffe starken Preisschwankungen ausgesetzt. Dazu kommt, „dass im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen der nukleare Brennstoff in den verschiedensten Konfektionierungen angewandt wird, und es von der prinzipiellen Auslegung eines Reaktortypes abhängt, welchen Anteil der Brennelementpreis an der gesamten Energiekalkulation überhaupt hat [62].

Sodann ist ein weiterer wichtiger Punkt zu beachten. Wirtschaftlichkeitsberechnungen für Atomkraftwerke beruhen in der Regel auf den heutigen hohen militärischen oder staatlichen Ankaufspreisen für Plutonium [63]. Mit zunehmender Plutoniumerzeugung (Pu fällt zwangsläufig in fast jedem Reaktortyp an) wird jedoch der militärische Bedarf über kurz oder lang einem Sättigungswert zustreben, zumal auch der Gedanke einer weltweiten atomaren Abrüstung ernstlicher in den politischen Vordergrund rückt. Mit anderen Worten: Es dürfte sich in absehbarer Zeit ein freier Plutoniummarkt herauskristallisieren, was die befristeten Rückkaufgarantien der USAEC auch bereits erkennen lassen.

Unterliegt Plutonium erst einmal den Gesetzen von Angebot und Nachfrage, dürfte mit stark sinkenden Pu-Preisen zu rechnen sein. Auf die Wirtschaftlichkeit der Reaktortypen werden sich die Preisverschiebungen sehr verschieden auswirken: Reaktortypen, die mit Pu als Brennstoff arbeiten und durch die hohen Pu-Preise in ihrer Wirtschaftlichkeit

---

60) Vgl. *A. Winiger,* Atomenergie-Kernreaktoren-Atomkraftwerke, in: Zur Ökonomik und Technik der Atomzeit, a. a. O., S. 22.

61) *H. Hardung-Hardung,* Kernbrennelemente und Kilowattstundenpreise, in: Die Atomwirtschaft, Juni 1959, S. 260.

62) Ebenda, S. 259.

bislang benachteiligt waren, werden dann zu günstigeren Bedingungen in den Wettbewerbskampf eingreifen können, während Reaktortypen, die ihre Kalkulation auf den hohen Verkaufserlös verbrauchter Brennstoffe stützen, ihre Wettbewerbsbedingungen nachteilig verschoben sehen werden.

Nur selten geht aus den Kostenschätzungen hervor, ob die erheblichen Forschungs- und Entwicklungskosten in den Konstruktionskosten des betreffenden Reaktortyps mit verrechnet sind, oder ob angenommen wird, dass diese durch eine staatliche Atombehörde getragen werden. Dadurch entstehen unterschiedliche Baukosten für oftmals ähnliche Reaktortypen und grosse Verwirrungen in der Literatur beim Versuch, die durchschnittlichen Investitionskosten je installiertes elektrisches Kilowatt zu bestimmen und daraus einen Vergleich für die Anlagekosten von Wasser- oder Dampfkraftwerken herzuleiten. Ökonomisch relevante Vergleiche werden erst dann möglich sein, „wenn einmal Erfahrungen mit Reaktoren grösseren Ausmasses, zum Beispiel von 150 MW und darüber, vorliegen und wenn für deren Bau und die wichtigsten Konstruktionsmaterialien feste Preise bestehen“ [64].

Nur am Rande sei erwähnt, dass zu den Betriebskosten auch die Instandhaltungskosten zählen, und dass aus falscher Wartung oder Bedienung unter Umständen so erhebliche Kosten erwachsen, dass die Wirtschaftlichkeit einer Anlage ernstlich in Frage gestellt werden könnte.

Diese wenigen, aus dem Komplex herausgegriffenen Punkte zeigen für sich allein schon die Schwierigkeit der Kostenvorausberechnung.

Die heute üblichen Kostenrechnungen bezeichnete der stellvertretende Direktor der Abteilung *„Reaktorentwicklung“* der USAEC, *L. H. Roddis jr.* in seinem vielbeachteten Vortrag *„How Nuclear Power Cost Estimates Are Made“* vor der *NICB Atomic Energy Management Conference* am 18. März 1958 in Chicago als *„guesstimates“* (Ratespiel) [65]. *Roddis jr.* verglich in seinem Vortrag die Stromkostenkalkulation eines hypothetischen Atomkraftwerkes, wie sie ein Optimist im Land Y und ein Pessimist im Land X machen würde, wobei der Optimist zu Stromkosten von 2 mills je kWh gelangt, während der Pessimist das Sechzehnfache der Kosten, nämlich 31,6 mills je kWh errechnet.

---

63) Im Mai 1957 gab die USAEC folgende neue Ankaufspreise für Plutonium bekannt: je nach Pu-240-Gehalt zwischen 30 und 45 Dollar je Gramm bis zum 1. Juli 1962. Ab 1. Juli 1962 bis 1. Juli 1963 30 Dollar je Gramm Pu als Einheitspreis.

64) *„Die Konferenz von Stresa über die friedliche Verwendung der Atomenergie“*, in: Neue Zürcher Zeitung vom 13. Juni 1959.

65) Der Vortrag wurde mit der Überschrift: *„Das Ratespiel um die Atomstromkosten“* auszugsweise wiedergegeben in der Zeitschrift: Die Atomwirtschaft, Juli 1959, S. 261 ff., der wir auch das nachfolgende Zahlenbeispiel entnehmen.

Tabelle 17

Daten des hypothetischen Atomkraftwerks

Typ	Siedewasserreaktor mit geschlossenem Kreislauf
Datum der Inbetriebnahme	1962
Installierte Leistung	100 000 ekW
Verkaufspreis	30 Mio. $
Kernbrennstoff:	
Anger. Uran	30 t
Anreicherung	2 %
Brennstoffelemente:	
Spaltstoff	Uranoxyd
Cans	Nichtrostender Stahl
Erste Brennstoffladung:	
Kosten	5 Mio. $
Garantierter Abbrand	3000 MWT/t
Zweite Brennstoffladung:	
Geschätzte Kosten	2 Mio. $
Geschätzter Abbrand	15 000 MWT/t
Dampfzustand:	
Druck	42,5 kg/cm²
Temperatur	250° C

Tabelle 18

„Kalkulierte" Stromerzeugungskosten

	Mio. je kWh	
	Optimist	Pessimist
Brennstoffkosten		
Uran, netto	1,6	2,4
Brennstoffabrikation	0,6	9,2
Wiederaufbereitung	0,1	1,2
Plutoniumrückvergütung	—(2,0)	—(1,4)
Netto-Brennstoffkosten	0,3	11,4
Andere Betriebskosten	0,5	1,8
Brennstoffinventar	—	0,6
Feste Kosten	1,2	17,8
Nettokosten	2,0	31,6

für die gleiche Anlage

Tabelle 19

Einige den „Kalkulationen" zugrunde liegende Annahmen

	Optimist	Pessimist
Zusätzliche technische Daten		
Entwurf, MW-Wärmeleistung	400	400
Ausführung, MW-Wärmeleistung	600	400
Thermischer Wirkungsgrad, netto %	30	25
Elektrische Leistung, netto MW	180	100
Lebensdauer, Jahre	40	16
Lastfaktor %	90	60
Abbrand, durchschn., MWT/t	15 000	3 000
Plutoniumrückvergütung, $/g	30	12
Brennstoffkosten		
Brennstoffinventar, Mio. $	8	8
Fabrikation des Cores, Mio. $	22	5
Konstruktionskosten		
Baukosten der Anlage, Mio. $	30	40
Zinsen während der Bauzeit, Mio. $	—	2,8
Gelände u. a., Mio. $	—	4
Gesamter Kapitalaufwand für die Anlage	30	46,8
Jährliche Investitionskosten		
Finanzierungskosten, durchschn., % p. a.	3	7
Steuern und Versicherung, % p. a.	—	7
Abschreibung, gradlinig, % p. a.	2,5	6
Gesamte feste Kosten, % p. a.	5,5	20

Im optimistischen Fall wird angenommen, dass das Land Y eine verstaatlichte Elektrizitätswirtschaft besitzt, so dass keine Grundstückskosten, Steuern oder Versicherungen berücksichtigt zu werden brauchen. Dagegen herrscht im Lande X Geldmangel, weshalb Steuern und Zinssätze hoch sind.

Das Beispiel mag extrem gegriffen sein, es zeigt aber doch deutlich, dass der Optimismus oder Pessimismus des Schätzenden ein wichtiger Faktor bei den Vorausschätzungen der Atomstromkosten ist.

Etwas Gültiges über die Wettbewerbsfähigkeit von Atomenergie mit klassischer Stromerzeugung in Brasilien auszusagen, ist demzufolge vorerst noch äusserst schwierig. Immerhin wurde erkannt, dass im Jahre 1958 die konkurrenzwirtschaftliche *„Kostenschwelle"* [66], die von Atomkraftwerken zu bewältigen ist, um in Brasilien auf gleichem Kostenniveau wie konventionelle Kraftwerke arbeiten zu können, etwa bei 12

66) *„Kostenschwelle"* (engl. cost threshold) ist ein Begriff, der durch den von der *National Planning Association,* Washington, eingesetzten Ausschuss zum Studium der produktiven Nutzung von Kernenergie verwendet wird.

„mills" oder Cr. $ 1.20 pro kWh (Wechselkurs von Cr. $ 100.00 für US $ 1.00) für Wasserkraftwerke mit einem Lastfaktor von 50 % [67] und bei 11 „mills" oder Cr. $ 1.10 für Heizkraftwerke mit einem Lastfaktor von 80 % in Nähe des Öl-Einfuhrhafens lag [68]. Diese Kostenschwelle glaubte man mit grossen Kernenergiewerken zwischen 1965 und 1970 erreichen zu können.

In der gegenwärtigen Situation haben die enormen Preissteigerungen unter der Regierung *Kubitschek* die Kostenstruktur der brasilianischen Elektrizitätswirtschaft dermassen verzerrt, dass verschiedene Versuche der grossen Elektrizitätsgesellschaften, neue Schlussfolgerungen für die Wettbewerbsfähigkeit von Atomenergie zu ziehen, auf später verschoben werden mussten. Zudem schwanken die bei den Gesellschaften eingehenden Baukostenvoranschläge (wir hatten Gelegenheit, einige Dutzend Atompläne und Kostenvoranschläge durchzusehen) für sehr ähnliche Reaktortypen von Herstellerfirma zu Herstellerfirma in so weiten Grenzen, dass man vorerst darauf verzichtet, Bau- und Stromkostenvergleiche zu verallgemeinern.

Der Leiter der brasilianischen Atomenergie-Behörde, Minister *Octavio Augusto Dias Carneiro* bemerkte auf dem *„Third Inter American Symposium on the Peaceful Application of Nuclear Energy"* zum Problem der Wettbewerbsfähigkeit: „In the present situation of the Brazilian electric power market, the price of electric power per kWh delivered to its final consumer is less important for the development of the economy than the physical availability of electric power itself" [69]. Die gleiche Ansicht vertritt *Stefan Robock*: „In Brazil's present stage of development, the availability of electricity is of much greater importance than the price" [70].

III. Die günstigen Voraussetzungen für den Einsatz von Atomkraft in Brasilien

1. Die Brennstoffvorkommen

a) Die Uranvorkommen

Die Existenz uranhaltiger Mineralien ist in Brasilien erst kurz vor dem zweiten Weltkrieg bekanntgeworden. Da es sich dabei aber nur um sehr spärliche Vorkommen handelte, zeigte lediglich die Glas- und

67) Nicht eingeschlossen sind die Kosten für die Stromverteilung.

68) *A Nuclear Power Project in Brazil's Central-Southern Region*, Rio de Janeiro 1959, S. 11 ff., unveröffentlichte Studie der CNEN.

Porzellanindustrie des Landes Interesse, die das Element dazu verwendet, um Glaswaren und Keramiken eine gelbgrün fluoreszierende Färbung zu verleihen[71].

Als die Geologen *White* und *Tolbert* vom *Geological Survey* der Vereinigten Staaten im Jahre 1952 bei Poços de Caldas, im Staate Minas Gerais, kleinere unregelmässige Uranerzvorkommen feststellten, packte auch die Brasilianer der *„Uranrausch"*: Die sogenannten *„Sonntagsprospektoren"* zogen aus und gingen dabei in erster Linie das mineralhaltige Hochplateau an. Die Suche blieb jedoch wegen ihrer Systemlosigkeit im grossen und ganzen erfolglos. Einige kleinere Vorkommen von Uranpecherz und Uran in Verbindung mit Gold lösten in der Presse zwar Hoffnungen auf *„Uranreichtum"* aus; doch nähere wissenschaftliche Untersuchungen ergaben, dass eine bergmännische Gewinnung sich kaum lohne. Auch die staatlichen oder durch Institute gelenkten Prospektionen brachten keine nennenswerten Resultate. An den meisten Fundorten ist der Urangehalt der Erze so gering, dass bei einer Erzaufbereitung das Uranelement nur unter sehr hohen Kosten als Nebenprodukt anfallen würde.

Brasiliens Uranwirtschaft stützt sich bislang auf die Vorkommen in Poços de Caldas, wo Uran in Verbindung mit Zirkonium auftritt. Auf Empfehlung der *„Société de Produits Chimiques de Terres Rares"* ist zunächst einmal damit begonnen worden, das Zirkonerz mit einem Urangehalt von 0,4 bis 0,5 % aufzubereiten. Die gewonnenen Uranate sollen später in einer zweiten Anlage — möglicherweise in São Paulo — zu Metallen weiterverarbeitet werden.

Durch die heute veränderte Lage auf dem internationalen Uranmarkt stellt sich aber inzwischen ernstlich die Frage, ob es sich angesichts des reichlichen, ja überreichlichen Uranangebots in der westlichen Welt und der an sich bescheidenen abbauwürdigen Konzentrationen in Brasilien, überhaupt lohne, die zweifellos kostspielige Uranproduktion in grossem Stile aufzunehmen. Der Ankauf oder die Pacht von Kernbrennstoffen von Staat zu Staat stellt ohnehin heute kein ernstliches Problem mehr dar, da die Aufnahmefähigkeit der Rüstungsindustrien anscheinend ge-

---

69) *O. A. Dias Carneiro,* The Mambucaba Nuclear Power Project in Brazil's Central-Southern Region, Paper T/030, Third Inter American Symposium on the Peaceful Application of Nuclear Energy, Rio de Janeiro 1960, S. 14.

70) *National Planning Association,* Productive Uses of Nuclear Energy, Report on: Nuclear Power and Economic Development in Brazil, by *S. H. Robock,* Washington 1957, S. 68.

71) Rote und gelbe Farben und Glasuren auf Uranbasis sind das älteste kommerzielle Anwendungsgebiet des Urans und werden heute noch nach Rezepten, die vermutlich aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts stammen, für die Glas- und Keramikindustrie hergestellt.

sättigt ist, und den gesteigerten Erzeugungsmengen ein nur relativ langsam wachsender Bedarf für die friedliche Verwendung der Atomenergie gegenübersteht. Krisen im Uranbergbau sowie ein langsames Fallen der Uranpreise sind bereits die Folgen. Die Preise dürften noch stärker in Bewegung geraten, wenn erst einmal Brutmaterial aus Breedern auf dem Markt erscheint und den Angebotsdruck weiter verstärkt.

Es kann jedenfalls kein Zweifel darüber bestehen, dass Uran sich über kurz oder lang den Gesetzen von Angebot und Nachfrage wird unterwerfen müssen. Schon heute haben die Krisen im Uranbergbau zu einem — wenn auch unter der Hand — freieren internationalen Uranverkehr geführt [72]. In einer freien *Uran-Wettbewerbswirtschaft* dürfte es Brasilien schwerfallen, *nuklearreines* Uran zu Weltmarktpreisen herzustellen, so dass es vorteilhafter auf eine eigene Produktion verzichtet und seinen Bedarf aus anderen Erzeugerländern deckt.

Dank grosser Monazitsand-Vorkommen liegen die Aussichten der brasilianischen Atomwirtschaft beim Thorium entschieden günstiger.

b) Die Thoriumvorkommen

Im Gegensatz zum Uran, welches in der Erdkruste stark verbreitet ist [73], lässt sich Thorium nur an wenigen Stellen finden. Thorium, dessen Schmelzpunkt bei etwa 1700 Grad liegt, wird aus Monazit gewonnen. Monazit findet sich in gold- und diamantführenden Sanden. Die bekannteste und bisher grösste Fundstelle von thoriumhaltigem Monazitsand liegt an der Küste des Staates Travancore, nahe der Südspitze Indiens. Etwas kleinere Monazitsandvorkommen von unterschiedlicher Dichte befinden sich in Brasilien in den Küstengebieten von Rio de Janeiro, Espirito Santo und Bahia.

Es muss an dieser Stelle der verbreiteten Meinung entgegengetreten werden, dass Indien und Brasilien sich das *Thoriummonopol* miteinander teilen. Thoriumlagerstätten sind ebenso in Südafrika, Nigeria, Australien, Korea, Ceylon, Russland sowie in Idaho in den USA bekannt und werden teilweise dort auch ausgebeutet. Nur weisen die Monazitsandbänke Indiens und Brasiliens mit durchschnittlich 5 % (an vereinzelten Stellen in Travancore sogar 10 %) Thoriumgehalt die grösste Dichte auf.

---

72) Vgl. hierzu: *H. Steinert,* Auf dem Wege zum Welt-Uranmarkt, in: Die Atomwirtschaft, Februar 1957, S. 57.

73) Es soll den zweihundertfünfzigtausendsten Teil der ganzen Erdkruste ausmachen, fast so häufig wie Blei oder Zink und hundertmal häufiger als Silber sein. (Vgl. *G. Wendt,* Die friedliche Verwendung der Kernenergie, a. a. O., S. 44.)

Nach Schätzungen des Geologen *Othon Henry Leonardes* vom *Conselho Nacional de Minas e Metalurgia* verfügt Brasilien entlang seiner Meeresküste sowie an den Ufern verschiedener Flüsse über folgende Reserven an thoriumhaltigem Monazitsand:

Tabelle 20

Brasilianische Reserven an Monazitsand
(in t)

Rio Grande do Norte	50 000	bis	100 000
Bahia	35 000	bis	50 000
Espirito Santo (Nord)	15 000	bis	20 000
Espirito Santo (Süd)	100 000	bis	150 000
Rio de Janeiro	100 000	bis	150 000
Minas Gerais	50 000	bis	130 000
Total	350 000	bis	600 000

Quelle: Die Tabelle wurde dem *Estado de São Paulo:* O Brasil na era atômica, vom 27. April 1956 entnommen.

Legt man den Monazitsandreserven eine durchschnittliche Dichte von 5 % Thoriumoxyd zugrunde, kommt man auf 17 500 bis 30 000 Tonnen Thoriumoxyd.

Bis zum Jahre 1951 wurde Monazitsand in seiner ursprünglichen Form hauptsächlich nach Europa exportiert, wo er zur Herstellung von Glühstrümpfen Verwendung fand. Im Januar 1951 verbot Brasilien durch verschiedene Gesetze die Ausfuhr radioaktiver Mineralien [74]. Unter dem Schutze dieser Gesetze konnte eine kleine chemisch-technische Industrie entstehen, die heute bereits in der Lage ist, Thorium zu gewinnen und auch kleine Mengen von Uran aus dem Monazit auszusondern. Auf Grund der grossen Monazitsandreserven ist der Ausbau der kleinen chemisch-technischen Industrie zu einer leistungsfähigen Thoriumindustrie voll zu befürworten, zumal Thorium in spaltbares Uranisotop 233 umgewandelt ein ebenso potenter Energieträger wie Uran ist.

c) Die Lithiumvorkommen

In ein neues Licht treten die Lithiumvorkommen im Nordosten Brasiliens, nachdem jüngste Forschungen in den USA ergeben haben, dass gewaltige Energiemengen frei werden, wenn Lithium-Atome mit

74) Siehe hierzu: *Presidência da Republica,* Conselho Nacional de Pesquisas, Energia Atômica — Atos legais brasileiros, Rio de Janeiro, 1958; und auch das umstrittene Buch von *O. Guilherme,* O Brasil e a era atômica, Rio de Janeiro 1957.

Protonen beschossen werden. Zwei Spezialfirmen befassen sich bereits mit luftkartographischen Aufnahmen für die Prospektion dieses Materiales, zumal die Möglichkeit besteht, die Lithiumerze gemeinsam mit Beryll und Tantalit abzubauen.

2. Brasiliens Reichtum an spezifischen Reaktormaterialien

Neben dem Besitz radioaktiver Mineralien verfügt Brasilien auch über einen ausserordentlich grossen und vielseitigen Reichtum an spezifischen Reaktormaterialien, der *in the long run* dem Lizenzbau von nicht allzu komplizierten Atomkraftanlagen grosse Möglichkeiten eröffnen dürfte. Prüfen wir diese Möglichkeiten näher, indem wir uns an die von *Hardung-Hardung* und *Matz* aufgestellte Übersicht *spezifischer Reaktormaterialien* [75] halten und die darin aufgeführten Werkstoffe noch weiter vervollständigen. Die Angaben über Brasilien entnehmen wir dem bereits zitierten Buch von *Putzer* [76] sowie dem *Wirtschaftsbericht Nr. 42* der *Deutsch-Südamerikanischen Bank*, und ergänzen diese durch viele mündliche Informationen, die wir in Brasilien sammelten. Neuere statistische Daten waren teilweise nicht erhältlich oder unterliegen der Geheimhaltungspflicht. Wie wir durch die *Comissão Nacional de Energia Nuclear* (kurz CNEN) erfahren haben, wird gegenwärtig durch amerikanische Fachleute eine geheime (zumindest vorläufig noch geheime) Untersuchung zum gleichen Thema durchgeführt.

Aluminium. Die gute Korrosionsbeständigkeit des Aluminiummetalls und der geringe Neutronen-Absorptionsquerschnitt, aber auch der niedrige Preis, das geringe Gewicht und die ausserordentlich guten Verarbeitungsmöglichkeiten sind Eigenschaften, die dem Aluminium im modernen Reaktorbauwesen immer weitere Anwendungsgebiete sichern. So setzt man beispielsweise Aluminium und Aluminiumlegierungen für Innen- und Aussenverkleidungen ein (der Forschungsreaktor Garsching bei München ist mit Aluminium gedeckt), doch gestatten die guten kernphysikalischen Eigenschaften des Metalls auch seine Verwendung als Brennstoffhülle [77]. Dabei muss allerdings beachtet werden, dass bei Tem-

---

75) *H. Hardung-Hardung* und *G. Matz,* Reaktorbau-, -betriebs- und -brennstoffe, in: Die Atomwirtschaft, August/September 1958, S. 345 ff.; vgl. auch G. Matz, Die Atomwirtschaft braucht neuartige Werkstoffe, in: Die Atomwirtschaft, April 1958, S. 171 ff.

76) *H. Putzer,* Mineralmacht Brasilien, São Paulo 1956.

77) Siehe: *P. Eversheim,* Aluminium im Reaktorbau, in: Die Atomwirtschaft, April 1959, S. 155 ff.

peraturen, die über 450° C liegen, keine genügende Festigkeit mehr garantiert werden kann. „Man geht daher jetzt teilweise zu Zirkonium enthaltenden Legierungen (Zircaloy-2) und zu nichtrostendem Stahl über“ [78]. Das Aluminiummetall, das im Reaktor selbst eingesetzt wird, muss frei von Neutronengiften sein. Im übrigen sind jedoch keine besonderen Reinheitsverfahren notwendig, denn „normalerweise fällt Aluminium bereits nach den grosstechnischen Methoden nuklearrein an“ [79].

Brasilien ist reich an Bauxit, das sich auf zahlreiche Lagerstätten verteilt. Eine nationale Aluminium-Industrie befindet sich im Aufbau; ihre Entwicklung wird jedoch durch die prekäre Stromsituation des Landes gehemmt. Erwähnenswert sind die Aluminiumhütten der *Cia. Eletro-Quimica Brasileira S. A.,* der *Cia. Brasileira de Aluminio* und der *Cia. Industrial Brasil Aluminio S. A.* Insbesondere das modern eingerichtete Werk in Aluminio, in der Nähe von São Paulo, dürfte technisch ohne weiteres in der Lage sein, sich den neuen Anforderungen beim Reaktorenbau anzupassen. Jedenfalls stehen der Verarbeitung des Aluminiums zu Blechen, Röhren, Rundmaterialien usw. keine wesentlichen Schwierigkeiten im Wege, da dem metallurgischen Werk für die Aluminiumproduktion eine Giesserei für Aluminiumlegierungen sowie eine Fabrik für Röhren und Profile, ein Walzwerk mit einer Heiss- und zwei Kaltwalzstrassen, ein Werk für Aluminiumfolien, ein Ziehwerk für Kabel und elektrische Leitungsdrähte, eine Werkstatt für die Anfertigung von Matrizen u. a. angeschlossen ist.

Beryllium. Dieses sehr seltene Element, das in Glimmerschiefer und Granit vorkommt, eignet sich bestens als Moderator- und Umhüllungsmaterial. Brasilien ist der grösste Weltproduzent (26 % der Weltproduktion) von Industrie-Beryll, da im Rio Doce-Becken (Minas Gerais) und im Süden des Staates Bahia grosse abbauwürdige Lagerstätten vorhanden sind. Wegen der hohen Toxizität des Materials steht man indes vor schwierigen Verarbeitungsproblemen. In jüngster Zeit gelang es aber in Italien verbesserte Verfahren zur Handhabung und Verarbeitung von Beryllium zu entwickeln. Seither ist eine rückläufige Entwicklung der Preise zu beobachten.

Beton. Ein Reaktor befindet sich in den meisten Fällen in einem riesigen ovalen oder runden Betonklotz. Aus Gründen der Abschirmung werden an Reaktorbeton (es kommt nur Schwerstbeton mit einem Gewicht von 4000—6800 kg/m³ in Frage, dem kleine Eisen- oder Stahlstücke beigemischt werden) besondere Anforderungen an Gleichmässig-

---

78) *F. Münzinger,* Atomkraft, Der Bau von Atomkraftwerken und seine Probleme, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1957, S. 73.

79) *G. Matz,* Die Atomwirtschaft braucht neuartige Werkstoffe, a. a. O., S. 172.

keit und Dichte gestellt. Diese können aber von einer in Betongüssen erfahrenen Baufirma ohne allzugrosse Schwierigkeiten erfüllt werden.

Brasilianische Architekten, Ingenieure und Bautruppen besitzen jahrzehntelange Erfahrungen in Eisenbetonkonstruktionen und haben in der eleganten und sicheren Verwendung des Materials ein hohes Mass an Perfektion erreicht. Bei der Errichtung des Schwimmbadreaktors auf dem Gelände der Universität von São Paulo ist bewiesen worden, dass die Betonkonstruktionsprobleme schnell und reibungslos gelöst werden konnten.

Blei. In der Isotopen- und Reaktortechnik nimmt Blei einen wichtigen Platz ein; seine Bedeutung im Reaktorbau beruht auf seiner Dauerhaftigkeit und Absorptionsfähigkeit gegenüber ionisierenden Strahlen. Obwohl Brasilien über abbauwürdige Lagerstätten verfügt, deckt die Produktion von Blei- und Bleilegierungen zur Zeit nur etwa 10 % des inländischen Bedarfs. Von den bleiverarbeitenden Firmen sind lediglich die *„Plumbum S. A."* in Adrianópolis und die *„Cia. Brasileira de Chumbo-Cobrac"* (Bahia) nennenswert.

Die brasilianischen Erfahrungen in der Herstellung und Verarbeitung von Rohblei sind noch gering, und es müsste, um den Anforderungen des Reaktorbaues zu genügen, sehr viel Entwicklungsarbeit geleistet werden. Hier wäre vielleicht eine Zusammenarbeit mit der Bundesrepublik Deutschland für Brasilien wünschenswert, zumal auch gerade beim Karlsruher Reaktor ein vielversprechendes Verfahren der *Homogenverbleiung von Stahl* (z. B. in Blei eingebettete Edelstahlrohre) *durch Vergiessen* erfolgreich erprobt wurde [80].

Graphit. Angesichts der steigenden Nachfrage nach dem zur Zeit billigsten Moderatormaterial, dem Graphit, ist trotz der erweiterten Produktionskapazitäten die Graphitversorgung *„der schwerwiegendste Engpass bei der Atomenergieentwicklung"* [81]. Die Versorgungsschwierigkeiten entstehen dadurch, dass z. B. ein einziges Kraftwerk des Typs Calder-Hall etwa 2 000 Tonnen Graphit benötigt. Man sucht zwar einen Ausweg durch Verwendung des aus Koks-Teerpechmischungen hergestellten Kunstgraphits, doch entspricht dieses künstliche Material wegen zu geringer Dichte nur mangelhaft den hohen Qualitätsanforderungen [82].

Dank der Spezialisierung einiger Grossunternehmen wird Graphit mit sfr 6.— je kg im Vergleich zu anderen Moderatormaterialien (Beryl-

---

80) Vgl. *Hardung-Hardung* und *Matz,* Reaktorbau-, -betriebs- und -brennstoffe, a. a. O., S. 345.

81) *H. Hardung-Hardung,* Chancen in der Atomwirtschaft, Düsseldorf 1958, S. 206.

82) Siehe hierzu: *F. Jeitner,* Herstellung, Eigenschaften und Anwendung von Reaktorgraphit, in: Die Atomwirtschaft, 1/58, S. 17 ff.

lium kostet zwischen 500 und 1 000 sfr, schweres Wasser zwischen 300 und 1 000 sfr.) auf dem Weltmarkt recht billig gehandelt. Dafür müssen aber vorläufig lange Lieferfristen in Kauf genommen werden.

Brasilien verfügt in der Mittel-Ost-Region über ausgedehnte Graphitlagerstätten. Falls Brasiliens Atomwirtschaft graphitmoderierte Reaktoren bevorzugen sollte, bietet die bestehende Aufbereitungsanlage der *„Cia Nacional de Grafita"* mit Brechern, Mühlen, Flotations- und Filteranlagen bereits einen Ansatzpunkt zur Herstellung des Reaktorgraphits.

Stahl. Der Bau von Atomkraftwerken stellt die Stahlindustrie vor neue technische Probleme. Schwierig ist vor allem die Herstellung der einer direkten Neutronenbestrahlung ausgesetzten Stahlteile. Diese dürfen nur einen sehr geringen Kobaltgehalt aufweisen, weil sonst ihre Wartung oder Reparaturen unmöglich würden.

Kobaltarmer Reaktor-Edelstahl kann trotz des Reichtums an Stahlveredeler-Erzen von der brasilianischen Eisen- und Stahlindustrie vorläufig nicht hergestellt werden. Dagegen wäre diese heute schon in der Lage, die Herstellung jener Stahlteile zu übernehmen, die keiner besonderen Qualitätsanforderung unterliegen.

Zirkon. Es ist nicht allgemein bekannt, „dass erst der Einsatz des Zirkonmetalls den Bau eines kompakten, für Schiffsantrieb geeigneten Reaktors überhaupt möglich machte" [83]. Demzufolge ist die Bedeutung des Zirkonmetalls in den letzten Jahren sprunghaft gestiegen. Auf Grund seines niedrigen Neutronen-Einfangsquerschnitts, der guten Wärmeleitfähigkeit und der grossen Stabilität eignet sich das Material ausgezeichnet sowohl als Konstruktionselement wie auch zur Umhüllung der Brennstoffe. Die Reinheitsanforderungen sind besonderer Art, denn um reaktorreines Zirkonmetall herzustellen, muss dieses von dem Element Hafnium befreit werden. „Wegen der grossen chemischen Ähnlichkeit zwischen Hafnium und Zirkon gelingt die Trennung der beiden Elemente nur in recht komplizierten Extraktionsanlagen und führt zu einer erheblichen Belastung des Preises" [84]. Da aber das bei der Reinigung als Oxyd abfallende Hafnium ein ebenso wichtiger Reaktorwerkstoff geworden ist, können selbst komplizierte Trennverfahren durchaus lohnend werden. Der Preis für nuklearreinen Zirkonschwamm liegt gegenwärtig bei etwa 7,5 $/lb. Es wird jedoch allgemein angenommen, dass durch eine Vergrösserung der Produktion sowie durch verbesserte Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren der Preis auf etwa 5 $/lb gesenkt werden kann.

Brasilien besitzt in den Bundesstaaten São Paulo und Minas Gerais die bedeutendsten Zirkonlagerstätten, die bisher auf der Erde bekannt-

83) *H. Hardung-Hardung,* Chancen in der Atomwirtschaft, a. a. O., S. 200.
84) Ebenda, S. 201.

geworden sind [85]. „Die bisher kalkulierten Reserven der ziemlich unregelmässigen Erzkörper betragen ca. 2 Millionen t Erz über 80 % ZrO_2" [86]. Der Export von Zirkonerz ist abhängig von den wechselnden politischen Strömungen. Zur Zeit wird Zirkon als *„strategisches Material"* gewertet, und die Ausfuhr ist gestoppt.

Cadmium. Cadmium ist ein glänzendweisses, geschmeidiges Metall und wird in der Atomtechnik zum Steuern nuklearer Reaktionen verwendet. Wirtschaftlich interessante Cd-Vorkommen sind in Brasilien bislang nicht bekanntgeworden. Kleinere Vorkommen sollen in Verbindung mit Zinn, Blei und Antimon in Minas Gerais und in Bahia beobachtet worden sein [87].

Tantalit. Das sehr seltene und sehr teure Metall Tantalium ist wegen seines hohen Schmelzpunktes von 2 800° C und seiner Dehnbarkeit (es lässt sich zu dünnen Fäden ausziehen) nicht nur bei Düsenflugzeugmotoren, Radar, Fernsehen etc. beliebt, sondern neuerdings auch im Reaktorbau, vor allem in den Apparaturen.

Brasilien besitzt in den Pegmatitgängen des Staates Rio Grande do Norte ausgedehnte Vorkommen und produziert mit über 200 Tonnen jährlich ungefähr die Hälfte des Weltverbrauchs [88].

3. Die Möglichkeiten des Lizenzbaues bewährter Reaktortypen

Aus der Übersicht, die sich zweifellos noch erweitern liesse, werden Brasiliens Möglichkeiten als Lizenznehmer von Atomkraftanlagen sowie seine hervorragende Bedeutung als Lieferant von Atommaterialien klar ersichtlich.

Da in Brasilien bislang noch keine nennenswerte Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Reaktortechnik, der Kernphysik und Kernchemie sowie auf dem weiten Feld der Kernstrahlenchemie, -physik und -biologie betrieben wurde, führt die Weiterverarbeitung der herkömmlichen Werkstoffe zu *„reaktorreinen"* Materialien selbstverständlich in technisches Neuland. Wenn auch der Reaktorbau neuartige und zugleich extrem hohe Ansprüche an die Werk-, Roh-, und Hilfsstoffe stellt, so ist aber doch die weitverbreitete Ansicht irrig, dass für das *„normale"* Unternehmen die Atomwirtschaft keine allzu grossen Chancen biete. Selbst in den Vereinigten Staaten gibt es nur wenige *„Spezialunter-*

85) *Putzer,* a. a. O., S. 74.
86) Ebenda, S. 75.
87) Ebenda, S. 66.
88) *V. Leinz,* Einige wenig bekannte Bodenschätze Brasiliens, in: Staden-Jahrbuch Bd. 2, São Paulo 1954, S. 51.

nehmen", die sich ausschliesslich mit der Nutzung der Kernenergie oder der Herstellung von Erzeugnissen für die Atomtechnik beschäftigen. Bei der grossen Mehrzahl der auf dem Gebiet der Atomtechnik tätigen Unternehmen handelt es sich im Gegenteil „um Firmen, die bereits eine fest umrissene Funktion im konventionellen industriellen Bereich besitzen, häufig sogar eine alte Tradition und dabei überdurchschnittliche technische und wissenschaftliche Leistungsfähigkeit aufweisen und zugleich mit der Grundlagenforschung vertraut sind" [89].

Der Verfasser konnte in zahlreichen Kontakten und Gesprächen mit brasilianischen Direktoren und Ingenieuren aus der mineralischen Extraktionsindustrie sowie aus der verarbeitenden Industrie feststellen, dass man die Möglichkeit, typische Reaktormaterialien im Lande selbst zu fabrizieren, optimistisch einschätzt. In vielen Fällen wäre man durchaus bereit, Versuche zu beginnen, um die herkömmlichen Werkstoffe zu *„reaktorreinen"* Materialien zu verarbeiten, vorausgesetzt, dass die Regierung daran Interesse zeigen würde.

Dieses Interesse ist zur Zeit leider nur gering, und wir müssen deshalb an dieser Stelle darauf aufmerksam machen, dass man keinesfalls vor der neuen Aufgabe zurückschrecken sollte, denn die atomare Entwicklung erstreckt sich in universeller Weise auf das Gesamtgebiet von Wirtschaft und Technik, und es wird „auf die Dauer kein Sektor unseres Wirtschaftslebens von den Ausstrahlungen unberührt bleiben, angefangen von der bergbaulichen und landwirtschaftlichen Urproduktion über den Bereich der Grundstoffindustrien und die vielen Stufen der industriellen Weiterverarbeitung hinweg bis in die Sphäre der Verbrauchsgüter und des Konsums hinein." *Koeck* weist mit Recht darauf hin, dass die wirtschaftliche Bedeutung einer *„Atomindustrie"* nicht nur an ihrer unmittelbaren Produktionsleistung zu messen sei, sondern dass man darüber hinaus ihre Rolle als grossindustrieller Auftraggeber sehen müsse, zumal das weite Feld der Atomindustrie viele Produktionsstufen umfasse [90]. Am Beginn stehe die Gewinnung der Ausgangsmaterialien: der Uran- und Thoriumbergbau, die Aufbereitung und Verhüttung der Erze, die Erzeugung von Kernbrennstoffen, die Trennung der Uranisotope und die Herstellung der Brennelemente. Es folgten der Reaktorbau und die Kernspaltung im Reaktor mit der damit verbundenen Kernenergiegewinnung und der Herstellung von Radioisotopen. Den Abschluss bildeten die chemische Aufarbeitung der ausgebrauchten Kernbrennstoffe bei gleichzeitiger Gewinnung von Plutonium und radio-

89) *W. Koeck,* Struktur und Dynamik der Atomindustrie, in: Die Atomwirtschaft, April 1960, S. 151.

90) *W. Koeck,* Das Atom als Wirtschaftsfaktor, in: Die Atomwirtschaft, April 1958, S. 137.

aktiven Spaltprodukten, ferner die industrielle Nutzung der Radioisotope und die Abfallbeseitigung [91].

Unser Gedanke geht nun keineswegs dahin, dass Brasilien um jeden Preis eine *„Atomindustrie"* mit all ihren Produktionsstufen aus dem Boden stampfen müsse, in gleicher Weise etwa wie die brasilianische Automobilindustrie entstand, wie die Werftindustrie entsteht und wie die projektierte Flugzeugindustrie entstehen soll. Zunächst ist selbstverständlich der Ankauf vollständiger Atomkraftanlagen unumgänglich, weil es, wie wir gesehen haben, zur Vermeidung neuerlicher Energieengpässe darauf ankommt, die Kernenergie möglichst rasch in die Energiewirtschaft Brasiliens einzugliedern. Das mit diesen Käufen verbundene Devisenproblem liesse sich unter Umständen durch die Ausfuhr bestimmter Reaktormaterialien sowie hochwertiger Stahlveredler lösen.

Gemeint ist vielmehr eine organische atomare Entwicklung, um zunächst die Grundlagen für den Lizenzbau zu schaffen. Dies bedarf eines zielstrebigen Ausbaues der mineralischen Extraktionsindustrie und die Anpassung der verarbeitenden Industrie an die veränderten Anforderungen des Reaktorbaues. Ferner bedarf es der staatlichen Förderung und einer engen Zusammenarbeit zwischen den brasilianisch-europäischen Mutterhäusern, um von deren Grundlagenforschung zu profitieren.

Im Zuge der brasilianischen Industrialisierung sind in den letzten zwei Jahrzehnten hunderte von europäischen und amerikanischen Industriefirmen ins Land gekommen. Fast lückenlos ansässig sind auch die *„Grossen"* aus Chemie, Automobil-, Elektro-, Maschinen- und Apparatebauindustrie. Hier ins Detail zu gehen, würde den Rahmen der gestellten Aufgabe sprengen. Es genügt, auf die Anwesenheit der Firmen Brown Boveri, Krupp [92] und AEG [93] hinzuweisen, um deutlich zu machen, dass Möglichkeiten für eine Zusammenarbeit auf atomarem Gebiet durchaus bestehen. Solche in Brasilien niedergelassene Firmen, die sowohl im *„konventionellen"* wie im *„atomaren"* Industriebereich zu Hause sind, könnten ein wertvolles Fundament einer künftigen brasilianischen Atomwirtschaft darstellen.

IV. Projekte für den Einsatz von Atomkraft in Brasilien

1. Drei Projekte für den Bau von Atomkraftwerken

Als durch Gesetz vom 10. Oktober 1956 die *„Comissão Nacional de Energia Nuclear"* (CNEN) ins Leben gerufen wurde, sollte damit von vornherein unstrittig festgestellt werden, dass es dem brasiliani-

91) Ebenda, S. 137.

schen Staat obliegt, die landesinterne Atompolitik zu bestimmen. Zu den wichtigsten Aufgaben dieser Kommission zählt heute die Steuerung der Grundlagenforschung auf dem Gebiet der Kernphysik, die Errichtung von Forschungslaboratorien und -reaktoren zur Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses und die Aufstockung radioaktiver Mineralien.

Daneben sollen die privatwirtschaftlichen Interessen der Energieversorgungsunternehmen für den Bau von Atomkraftwerken gefördert und unterstützt sowie eigene Pläne und Projekte ausgearbeitet werden, wobei man die Dringlichkeit des Strombedarfs allen Kostenfragen voranstellen will. Demzufolge lautet das Motto der CNEN: dass in einigen Landesteilen die Disponibilität von elektrischer Energie wichtiger ist als die Rentabilität oder die Höhe der Strom-Gewinnungskosten.

Vordringlich scheint es der Planungskommission, wenigstens ein grosses Atomkraftwerk von 100 000 bis 150 000 kW am Schnittpunkt der grossen Konsumzentren der Mittel-Süd-Region zu bauen. Sodann ist daran gedacht, Atomkraftwerke mittlerer Grösse (10 000 bis 100 000 kW) an Verbrauchszentren zu errichten, die keine Verbindung untereinander haben. In Frage kommen die Städte Manaus, Belém, São Luís, Terezina, Sobral, Fortaleza, Natal, Pelotas, Pôrto Alegre sowie einige kleinere Städte im Innern des Landes. Schliesslich sollen, sobald es die technischen Fabrikationsbedingungen einmal erlauben, eine grosse Zahl von Kleinkraftwerken über das Land verteilt werden, um vor allem in den *„Pionierzonen"* (zonas pioneiras) die Dieseleinheiten zu ersetzen.

Als eine der Voraussetzungen dieses Programmes konnte bereits im Oktober 1957 auf dem Gelände der Universität São Paulo ein von der Firma *„Babcock Wilcox Comp."* gelieferter 5 000-kW-Reaktor des Typs *„Schwimmbad"* für Forschungszwecke in Betrieb genommen werden. Die USA haben für den rund eine Million Dollar kostenden Reaktor US $ 350 000 beigesteuert und 6 Kilo angereichertes Uran-235 geliefert. Die Restsumme wurde aus dem Budget des *Conselho Nacional de Pesquisas* und durch den Staat São Paulo aufgebracht.

Damit besass Brasilien als erstes Land Lateinamerikas und als neuntes Land der Welt (nach den USA, der UdSSR, England, Frankreich, Holland, Kanada, Norwegen und Indien) einen Atomreaktor. Schon

---

92) An früherer Stelle haben wir erwähnt, dass die Arbeitsgemeinschaft BBC-Krupp auf dem Gebiet der Kernenergietechnik, neben einem *„advanced type reactor"* spezielle Kleinkraftwerke zu entwickeln versucht.

93) Die AEG, ebenfalls seit Jahren in der brasilianischen Produktion tätig, hat in der Bundesrepublik Deutschland bereits mehrere Projekte auf schlüsselfertige Kernkraftwerke mit Siedewasserreaktoren im Leistungsbereich zwischen 100 bis 200 MW_{el} ausgearbeitet.

kurze Zeit nach der Inbetriebnahme konnte durch das angeschlossene Institut für Atomenergie der Universität von São Paulo radioaktives Gold an die Krankenhäuser abgegeben werden. Die Herstellung von Radiophosphor, der eine Überproduktion roter Blutkörperchen bremsen soll, steht bevor. Daneben bestehen Vereinbarungen mit dem Technischen Luftfahrts-Institut von São José dos Campos, um mit Hilfe von „Tracer-Elementen" (Indikatoren) den Verschleiss an Explosionsmotoren zu prüfen.

Drei weitere Forschungsreaktoren sind für die Städte Belo Horizonte, Rio de Janeiro und São José dos Campos geplant. Zunächst erhält die Stadt Belo Horizonte einen von der *„General Dynamics Corporation"*, San Diego, Kalifornien, hergestellten Reaktor des Typs *„Triga"* [94] von 30 kW thermischer Leistung, um Studenten der Technischen Hochschulen mit der Neutronen-Physik vertraut zu machen. Als bemerkenswerte Leistung wird ferner auf dem Gelände der Universitätsstadt von Rio de Janeiro ein Reaktor des Typs *„Argonauta"* nach Plänen des *Argonne*-Laboratoriums der Vereinigten Staaten zusammengebaut, der einen möglichst hohen nationalen Materialanteil aufweisen soll. Das Projekt, die Stadt São José dos Campos mit einem Forschungsreaktor zu beliefern, befindet sich dagegen noch in der Schwebe.

Neben dem Bau sogenannter *„Nullreaktoren"* wurde die Projektierung von Leistungskraftwerken durch die CNEN nicht vernachlässigt.

Vier Projekte für Atomkraftwerke sind bis jetzt bekanntgeworden:

a) Das Projekt der American and Foreign Power

Die Elektrizitätsgesellschaft American and Foreign Power, die in elf lateinamerikanischen Ländern Kraftwerke besitzt, trat 1956, noch vor Gründung der CNEN, mit einem Plan an die Öffentlichkeit, in ihrem Konzessionsgebiet im Staate von Rio de Janeiro ein Atomkraftwerk von 10 000 kW elektrischer Leistung installieren zu wollen. Ein Siedewasser-Reaktor sollte mit 20 % angereichertem U 235 betrieben werden und die Anlage im Jahre 1960 in Betrieb sein. Man schätzte, dass das installierte Kilowatt auf ungefähr US $ 560.00 zu stehen kommen werde. Verhandlungen über die Lieferung des notwendigen Kernbrennstoffes begannen zwischen der brasilianischen und amerikanischen Regierung, doch Ende 1958 teilte die American and Foreign Power der CNEN plötzlich mit, dass sie von ihren Atomkraft-Projekten in Mexiko, Cuba

94) Die General Atomic Div. der General Dynamics Corp. arbeitet gegenwärtig daran, einen TRIGA-Forschungsreaktor zu einem transportablen kleinen Leistungsreaktor weiterzuentwickeln (siehe: Die Atomwirtschaft 9/60, S. 424, und 4/61, S. 248).

und Brasilien Abstand genommen habe. Als Gründe hierfür wurden folgende drei Motive angegeben [95]:

1. Der Preis der Anlage (amerikanische Preise) habe sich nach ihren Berechnungen zwischen 1955 und Anfang 1958 praktisch verdreifacht;
2. die Entwicklung mittlerer und kleinerer Reaktortypen sei gehemmt, weil die Vereinigten Staaten in ihren Haushaltsplänen von 1957 und 1958 die Programme zur Entwicklung von Fernlenkgeschossen und künstlichen Satelliten vorangestellt hätten;
3. die grossen internationalen Versicherungsgesellschaften würden den Versicherungsschutz nur zu überhöhten Prämien übernehmen, so dass es im Augenblick schwierig, wenn nicht unmöglich sei, die Atomstromkosten auf Wettbewerbsniveau mit den Stromkosten aus klassischen Erzeugungsquellen zu bringen.

b) Das Projekt der Companhia Paulista de Energia Nuclear

Als erstes privates Unternehmen zur Produktion von Atomenergie gründeten die Geschäftsleute *Paulo Sampaio* und *Paulo Uchoa de Oliveira* im Jahre 1957 die Gesellschaft *„Companhia Paulista de Energia Nuclear-COPEN"* mit einem Anfangskapital von 200 Millionen Cruzeiros. Die COPEN wollte ein Atomkraftwerk zu konstanter Grundlasterzeugung am Rio Paranapanema in der Nähe des Wasserkraftwerkes Jurumirim errichten und es mit zwei Reaktoren von je 15 000 kW elektrischer Leistung der Firma *„Glenn L. Martin Co."* aus Baltimore ausstatten.

Um das Projekt, das zunächst die volle Unterstützung der Regierung fand, ist es inzwischen stiller geworden. Soweit bekannt ist, wurde die Ausführung auf unbestimmte Zeit verschoben.

c) Das Projekt eines Atomkraftwerkes in Brasilia

Verschiedene Vorschläge für den Bau eines Atomkraftwerkes zwischen 30 000 und 50 000 kW in der neuen Hauptstadt Brasilia sind bei der CNEN eingetroffen [96]. Es ist eine Arbeitsgruppe gebildet worden, um die Vorschläge zu prüfen. Es scheint der CNEN, dass in Brasilia die Voraussetzungen besonders günstig sind, um ein Atomkraftwerk schon heute wettbewerbsfähig zu betreiben.

---

95) Siehe: *O. A. Dias Carneiro,* Programa Nacional de Energia Nuclear, in: Revista do Conselho Nacional de Economia, Juli-August 1959, Nr. 4, S. 352.

96) *Presidência da Republica,* Conselho do Desenvolvimento, Programa de Metas, Rio de Janeiro 1959, S. 103.

2. Das Mambucaba-Projekt in der Mittel-Süd-Region

Am gründlichsten vorbereitet und am weitesten gediehen ist das *Mambucaba-Atomprojekt* der CNEN an der Mündung des unteren Mambucaba-Flusses (Ilha Grande-Bucht), 140 km südlich von Rio de Janeiro. Die projektierte Atomzentrale ist als *„base-load-station"* von 150 000 bis 200 000 kW und einer voraussichtlichen jährlichen Stromerzeugung von einer Milliarde Kilowattstunden gedacht. Das Projekt ist eines der Ergebnisse brasilianischer Beobachter bei den Arbeiten und Bemühungen der italienischen Atomenergiebehörde für die Energieversorgung Süditaliens. Nach italienischen Berechnungen sollen die Kosten je installiertes elektrisches Kilowatt am niedrigsten bei Kraftwerken der Grössenordnung von 150 000 bis 200 000 kW sein.

Als weiteres Kriterium kommt hinzu, dass die verschiedenen Stromsysteme der in der Mittel-Süd-Region operierenden Elektrizitätsgesellschaften bis 1965 zur Bildung eines einheitlichen Marktes untereinander verbunden werden sollen, was einem Atomkraftwerk so grossen Ausmasses eine vollständige Auslastung gewährleisten dürfte.

Schwierig war die Standortbestimmung, denn die CNEN verlangte von ihrer Planungskommission:

a) leichte Zugänglichkeit zum Kraftwerk,
b) guten Bodengrund wegen des hohen Gewichtes der Anlage,
c) das Vorhandensein grosser Mengen von Kühlungswasser,
d) niedrige Bevölkerungsdichte und
e) geringe Entfernungen zu den grossen Konsumzentren.

Umfangreiche luftphotographische, geo-, topo- und demographische Untersuchungen wurden von der kontraktierten Spezialfirma *„Economia e Engenharia Industrial S. A."* (ECOTEC) durchgeführt und der CNEN vorgelegt. Eine Reihe von Vorschlägen schied aus, weil sie den Minimalanforderungen nicht entsprachen [97]. Die Wahl fiel schliesslich auf die Mündung des unteren Mambucaba-Flusses, und dank einer ausgezeichneten ökonomisch-technischen Studie von Minister *O. A. Dias Carneiro,* ist es jetzt möglich, die bestimmenden Faktoren für die Standortwahl aufzuzeigen [98].

---

97) Es schied u. a. die Mündung des Paraiba-Flusses, 270 km nordöstlich von Rio de Janeiro und auch die Mündung des Iguapê-Flusses, 130 km südwestlich von Santos aus.

98) Die bestimmenden Faktoren zur Standortwahl des Mambucaba-Projektes entnehmen wir mit fast allen Einzelheiten und nach persönlicher Autorisation durch den Minister der Studie: *O. A. Dias Carneiro,* The Mambucaba Nuclear Power Project in Brazil's Southern Region, a. a. O.

Eines der ausschlaggebenden Argumente für die Standortwahl an der Mambucaba-Mündung ist die geringe Entfernung von fünfzig Kilometern zur Fontes-Cubatão-Leitungsschiene von 230 kV, die die Grossstädte Rio de Janeiro und São Paulo verbindet, so dass elektrischer Strom über die Umformer-Station Barra Mansa an beide Städte abgegeben werden kann.

Ein wichtiger Punkt — schon um viele ängstliche Gemüter und negative Stimmen zu beruhigen — sind die niedrige Bevölkerungsdichte und die günstigen Windverhältnisse im Mambucaba-Raum, falls es zu einem Reaktor-Unglück kommen sollte. Sehr wenige Menschen leben an den Ufern des Flusses, und grössere Bevölkerungsansammlungen von 2 000 bis 6 000 Menschen liegen ausserhalb eines Sicherheitsradius' von zwanzig Kilometern.

Die statischen Berechnungen für die Belastungsmöglichkeiten des Bodengrundes sind noch im Gange. Bei dem hohen Gewicht der Schwerbetonanlagen wird eine Belastungsfähigkeit des Bodens von 2 bis 3 kg/cm² verlangt, da sonst zu hohe Kosten für Eisenbetonfundamente entstehen würden. Eine Fläche von 150 000 m² wird vom Urwald gesäubert.

Neben luftphotographischen Aufnahmen des gesamten Mambucaba-Raumes wurde auch ein brasilianisches hydrographisches Schiff ausgerüstet, um meteorologische, ozeanographische, fluviometrische und geologische Messungen und Beobachtungen anzustellen. Einige für das Problem der Wasserkühlung aufschlussreiche Ergebnisse liegen bereits vor. Für die Reaktorkühlung sei aus mehreren Gründen das Flusswasser dem Meereswasser vorzuziehen. Einmal sei das aus einer Höhe von 1 200 Metern herabkommende Mambucaba-Flusswasser mit 17 bis 18° C kühler als das 2 bis 3° C höher temperierte Meereswasser und erlaube darum eine höhere thermische Belastung des Reaktors. Zum anderen liesse sich mit kühlerem Wasser Pumpkraft sparen, weil zur Kühlung ein geringeres Wasservolumen benötigt werde. Nicht zu vergessen sei aber auch die Tatsache, dass Süsswasser Metalle weniger angreift als Salzwasser. Schliesslich sei denkbar, dass Salzwasser umfangreichere Filterinstallationen (Seetang, Algen etc.) erfordere als das sich selbst reinigende fliessende Wasser.

Dieser letzte Gesichtspunkt wird aber kostenmässig völlig belanglos, wenn man die grossen Saisonschwankungen in der Wasserführung des Mambucaba-Flusses betrachtet. Diese erreicht ein Maximum von 40 m³/s im Januar, Februar und fällt auf ein Minimum von 4 m³/s in den Trokkenmonaten September und Oktober. Dieser Punkt bedarf zweifellos einer eingehenden technisch-ökonomischen Untersuchung, weil, wenn der thermische Belastungsfaktor nicht zurückgehen soll, Flussanstau-

ungen oder Wasserreservoirs erstellt werden müssten. Unter Umständen könnte Meerwasser, trotz höherer Temperatur, Filterinstallationen, Korrosionsmöglichkeiten usw., ein kostenmässig vorteilhafteres Kühlmittel als das Flusswasser sein. Zudem hat die fortschreitende Reaktortechnik auch die Kosten anderer Kühlmittel (Blei und Bleilegierungen, Kalium, Natrium, schweres Wasser, flüssiges Soda) senken können.

Ein Punkt, dem auch grosse Bedeutung beigemessen werden muss, wenn ein Kraftwerk grossen Ausmasses gebaut werden soll, ist die leichte Zugänglichkeit zur Baustelle. Die CNEN rechnet mit einer Bautruppe von 1000 bis 1500 Mann und der Möglichkeit, dass sich unter der gesamten Reaktoranlage Teilstücke von 200 Tonnen befinden, die zur Baustelle transportiert werden müssten. Das Baumaterial, wie Stahl, Zement, Sand usw., wird insgesamt auf ein Gewicht von 250 Tonnen veranschlagt. Der Bau einer Strasse oder Eisenbahnlinie zum Materialtransport kommt für die CNEN aus Kostenerwägungen nicht in Betracht. Dagegen wurde die Hafenbaufirma *„Christiani-Nielsen"* kontraktiert, um Pläne für einen kleinen, unter Umständen nur provisorischen Material-Ausladehafen mit Gleisanschluss zur Baustelle hin auszuarbeiten. Ferner ist daran gedacht, eine Landepiste für kleine Flugzeuge freizuschlagen.

Die Ausschreibungen für den Wettbewerb des Projektes sind auf Juli 1961 angesetzt. Um die eingehenden Pläne und Kostenvoranschläge zu prüfen, wurde durch die CNEN das beratende Ingenieurbüro *„Kennedy and Donkin"*, London, kontraktiert, das sich seinerseits die Dienste der *„Internuclear Company of Clayton"*, Missouri USA, gesichert hat. Die Berater beider Firmen werden in Rio de Janeiro zusammen mit der Planungs- und Überwachungskommission für das Mambucaba-Projekt [99] den Wettbewerbsgewinner bis Dezember 1961 ermitteln.

Die Verhandlungen zur Finanzierung des Projektes sind sowohl in Europa als auch in den Vereinigten Staaten angelaufen. Konkrete Zusagen oder auch Absagen werden aber erst dann zu erwarten sein, wenn der Wettbewerbsgewinner feststeht. Die Bezahlung der Vorarbeitung und der Dienstleistungen der verpflichteten ausländischen Firmen wird aus dem spärlichen Fonds der CNEN bestritten. Der Cruzeiro-Anteil zur Finanzierung von Mambucaba wird vom Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico und aus dem Bundes-Elektrizitätsfonds erwartet. Schliesslich sollen nach Bekanntgabe des Wettbewerbsgewinners eine gemischt-wirtschaftliche Gesellschaft mit dem Namen *„Companhia Electronuclear Nacional"* (CELNA) gegründet und Anleihestücke zur öffentlichen Zeichnung aufgelegt werden.

---

99) Die Kommission wurde durch Gesetz Nr. 47.574 vom 31. Dezember 1959 ins Leben gerufen.

V. Standort- und raumpolitische Auswirkungen der Kernenergieverwendung für Brasilien

Am Beispiel der sich nach englischen und amerikanischen Erfahrungen richtenden sorgfältigen Planungsarbeiten für das Mambucaba-Atomprojekt kann man ersehen, dass die Standortwahl eines Atomkraftwerkes von grösserer elektrischer Kapazität nicht so vollkommen beliebig ist, wie das ganz allgemein zunächst angenommen wird. Die Standort-Gebundenheit an grosse Mengen von Kühlwasser für den Reaktorkreislauf und den sich ebenfalls stark erhitzenden konventionellen Kraftwerksteil zählt zumindest vorläufig noch zu den einschränkendsten Faktoren. Darum sind Flussmündungen und stark strömende Gewässer mit niedrigen Temperaturen heute bevorzugte Standortplätze von Atomkraftwerken, was schon ein kurzer Blick auf die sich vorbildlich aufbauende italienische Atomwirtschaft bestätigt [100].

In Italien erstellt die SENN (Società Elettronucleare Nazionale, Napoli) ihr 150 000 kW grosses Atomkraftwerk nach langen vorbereitenden Standortuntersuchungen in Ponte Fiume an der Mündung des Garigliano. Bekannter wurden die Planungsarbeiten der SELNI (Società Elettronucleare Italiana, Milano), die die anfängliche Absicht, ihr 165 000 kW grosses Enrico-Fermi-Kraftwerk in der Lombardei zu errichten, wegen der dort begrenzten Wasserverfügbarkeit zugunsten der wasserreichen Ortschaft Vallegrande zwischen Riva Trigoso und Moneglia an der ligurischen Küste aufgeben musste. Die dadurch entstehenden Fernleitungskosten für den Atomstrom sollen in diesem Fall weniger relevant sein, weil bereits ein dichtverzweigtes Verteilernetz in Oberitalien besteht.

Die heutigen Standortfaktoren von Atomkraftwerken sind zu einem grossen Teil durch den gegenwärtigen Stand der atomtechnischen Entwicklung bedingt. Schon der Übergang zu luftgekühlten Hochleistungsreaktoren [101] oder die grossstilige Produktion anderer Kühlmittel [102] dürfte eine immer grösser werdende Freizügigkeit in der Wahl des Standortes ermöglichen. Selbst die grossen Belastungsanforderungen des Untergrundes (in England sind die Atomkraftwerke Harwell, Wantage, Dounreay, Chapelcross auf ausgedienten Flugfeldern errichtet worden [103]) dürften mit leichteren, verbesserten Reaktormaterialien abnehmen.

---

100) Siehe hierzu: *Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari,* Un Piano Quinquennale per lo Sviluppo delle Ricerche Nucleari in Italia, Roma 1958.

101 Die Luftkühlung erfolgt nach einem ähnlichen Prinzip wie beim luftgekühlten Automotor. Um eine radioaktive Verseuchung der Luft zu vermeiden, wird die angesaugte Luft nach der Kühlung durch grosse Papierfiltrierungsanlagen gepresst und dann durch einen hohen Kamin der Atmosphäre abgegeben.

102) Beispielsweise von schwerem Wasser, flüssigem Soda, Kalium, Natrium etc.

Freier gestaltet sich auch die Standortwahl durch die ständig fortschreitende Vervollkommnung der technischen Sicherheitsvorkehrungen. Die heute noch recht grossen Sicherheitszonen werden sich räumlich immer mehr verkleinern lassen, denn dank der ausserordentlich strengen Sicherheitsanforderungen zählt die Reaktortechnik schon heute zu einem der sichersten Zweige der modernen Industrie. Das gefürchtete Durchbrennen der Reaktoranlage durch menschliches Versagen oder Unaufmerksamkeit des *„Reaktorfahrers"* werden durch die Verwendung von Elektronik und Automation beim Steuern des Neutronenflusses praktisch ausgeschlossen. Unabhängige Sicherungen (engl. fuses) bewirken ausserdem im äusserst unwahrscheinlichen Havariefall das sofortige Einströmen neutronenabsorbierender Gase, die die Reaktion beinahe augenblicklich zum Stillstand bringen.

Die vorläufig standorteinschränkenden Faktoren gelten für grossdimensionierte Atomkraftwerke; für verschiedene Klein-Atomkraftanlagen scheint indes nach der erfolgreichen Erprobung des *„Army Package Power Reactor"* und des *„Pressurized Water Reactor"* der *„North American Aviation Inc."* eine fast *„vollkommene"* Standortfreiheit bereits gegeben. Dies dürfte besonders für das kleine, von der *„Nuclear Products Branch"* der *„Lockheed Aircraft Corp."* entworfene Atomkraftwerk zutreffen, das mit einem Druckwasserreaktor zur Erzeugung von 1,8 Millionen kcal/h Wärme und von 1 eMW Elektrizität ausgestattet, sich vollständig auf dem Luftwege transportieren lässt und nach Fertigstellung der Fundamente innerhalb von 90 Tagen einsatzbereit sein soll.

Inzwischen berichten die Zeitungen von einem weiteren, 38 Tonnen schweren, in sechs Partien per Flugzeug transportablen Kleinkraftwerk, dem ersten dieser Art in der Welt, bei dem das im Reaktorkern erhitzte Kühlgas direkt eine Gasturbine antreibt, um dann im geschlossenen Kreislauf wieder in den Reaktor zurückgeleitet zu werden [104]. Dieser Reaktor mit der Bezeichnung ML 1 ist für die Stromerzeugung in abgelegenen Gebieten entwickelt worden, soll 300 bis 500 Kilowatt Strom liefern und wird gegenwärtig im Reaktor-Versuchszentrum Idaho Falls, USA, erprobt.

Die relativ hohe Mobilität und die fast völlige Unabhängigkeit von Brennstofflieferungen prädestiniert das Atom-Kleinkraftwerk zum verbrauchsnahen Einsatz in wirtschaftlich rückständigen Gebieten. Während sich das grossdimensionierte Atomkraftwerk zu wirtschaftlichen Bedingungen nur in dichtbesiedelten, energiehungrigen Räumen einsetzen lässt, eignet sich das Atom-Kleinkraftwerk besonders zur energiewirt-

---

103) *N. Grosse*, Überlegungen zum Thema „Standort- und raumpolitische Möglichkeiten der Kernenergieverwendung", in: Mitteilungen der List Gesellschaft, Fasc. 3, Nr. 1, S. 13.

104) Siehe beispielsweise die Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 18. April 1961.

schaftlichen Erschliessung von Gebieten, die entweder aus Mangel an hochwertigen Rohenergiequellen oder durch schlechte Transportverhältnisse und zu grosse Entfernungen in ihrer Entwicklung gehemmt sind.

Die durch die Freizügigkeit in der Standortwahl *„verbrauchsnah"* erzeugbare Atomenergie befreit verkehrstechnisch schlechterschlossene Gebiete ausserdem von kostspielig ferntransportierter Energie. Es entfallen, wenn es sich um elektrische Energie handelt, die enorme Investitionssummen verschlingenden Fernleitungen und Umformerstationen sowie die Leitungsverluste auf dem Weg zum Verbraucher, d. h. die ganzen Stromtransportkosten.

Falls sich die konstruktionstechnische Lösung finden lässt, auch in einem Kleinkraftwerk den ausgebrannten Brennstoff unter Last auszuwechseln, könnten in einem *„atom-energiewirtschaftlich"* erschlossenen Gebiet selbst regionale Verbundsysteme mit der konventionellen Energiewirtschaft überflüssig werden. Dadurch liesse sich eine höhere jährliche Benützungszeit der Anlagen erreichen, weil zum Spaltstoffwechsel der Reaktor nicht tage- oder gar wochenlang abgeschaltet werden müsste. Dies gelingt vorerst nur bei den neuesten englischen Gross-Reaktoranlagen [105].

Durch den ubiquitären Charakter der neuen Energiequelle können für die kontrastreiche brasilianische Wirtschaftsstruktur standort- und raumpolitische Auswirkungen erwartet werden.

Die heutige brasilianische Wirtschaftsstruktur ist gekennzeichnet durch den krassen Gegensatz zwischen dem von Vitória bis Pôrto Alegre reichenden, wirtschaftlich hochentwickelten, schmalen Küstenstreifen und dem sich auf niedrigster Entwicklungsstufe befindenden Binnenland mit nur vereinzelt höher entwickelten Gebieten (um Belo Horizonte, Londrina, Cuiabá und Goiania). Zu diesem Gegensatz trugen unter anderem energiewirtschaftliche Faktoren auch mit bei.

Die bestehenden Bevölkerungs- und Industrieagglomerationen im Küstengebiet wurden und werden fast ausnahmslos durch die vielen über das Küstengefälle (Serra do Mar) zum Atlantischen Ozean drängenden Flüsse begünstigt, weil sich durch das natürliche Gefälle mit verhältnismässig geringem Investitionsaufwand elektrische Energie gewinnen lässt. Die Stadt São Paulo verdankt ihren Aufschwung zum grössten Industriezentrum Südamerikas einmal dem starken Zustrom europäischer und asiatischer Einwanderer und zum anderen ihrer standortgünstigen Position zu reichen Wasserkraftquellen. Die vielen Küstenhäfen schliesslich erleichtern Handel und Transport fester und flüssiger Brennstoffe. Auf Grund der

105) Aus dem Referat von W. R. Wootton, Direktor des Atomic Energy Department, Babcock and Wilcox Ltd., London, anlässlich der Studientagung für Kernenergie des Schweizerischen Ingenieur- und Architektenvereins (SIA) und der Schweizerischen Vereinigung für Atomenergie (SVA) vom 24. bis 26. März 1960 in Zürich.

Kohlenlager konnten sich in den Südstaaten das leidlich gut ausgebaute Eisenbahnsystem entwickeln und die Position der dort ansässigen Kleinbetriebe stärken; eine eigentliche Standort-Orientierung wärmeintensiver Industriezweige hin zu den Kohlelagerstätten erfolgte allerdings nicht.

Die grosse Konsumdichte und die Strommangellage der Mittel-Ost-Region rechtfertigen den Einsatz grosser und mittlerer Atomkraftwerke. Eine Lösung des raumpolitischen Problems, d. h. eine Deglomeration der verschiedenen Ballungszentren im Küstengebiet kann durch die Kernenergieverwendung allerdings nicht erwartet werden [106]. Da der Raum um São Paulo und zwischen São Paulo und Rio de Janeiro über kaum abschätzbare unausgebeutete Rohstoffvorkommen verfügt (beispielsweise Bauxitlagerstätten von mehr als 200 Millionen Tonnen, dann Ölschiefervorkommen, die zu den grössten der Welt zählen, ferner die reichsten Kieselgurvorkommen der Erde und unter anderem sehr bedeutende Niobit- und Tantalitlagerstätten), ist vielmehr mit einer Stärkung der bisherigen Ballungszentren zu rechnen.

Im energiewirtschaftlich schlecht erschlossenen Landesinnern können dagegen neue Industriezentren und unter Umständen sogar ganze Industrieräume mit Hilfe von Atom-Kleinkraftwerken entstehen. Zum ersten werden sich viele Städte und Ortschaften besser entfalten, die heute nur zu sehr hohen Kosten (bei grossen Entfernungen steigen die Strom-Gestehungskosten bis zu 72 mills an) mit Strom versorgt werden können und darum auch nur selten Industriebetriebe anziehen, und zum anderen wird die Vielseitigkeit der Kernenergieverwendung entscheidend dazu beitragen, die reichen Rohstoffvorkommen auszubeuten, was bis heute wegen der starken Wärmeabhängigkeit in vielen Fällen nicht möglich war.

Die neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet atomarer Explosionen geben sogar zur Hoffnung Anlass, dass man künftig einmal die gewaltigen Erzlager leicht und billig mit Hilfe *„sauberer Wasserstoffbomben-Explosionen"* wird abbauen können [107].

Die Möglichkeit, dass sich neue Industrieräume auf Grund von Rohstoffquellen und billiger Energie herausbilden, zeigt das São-Francisco-Tal mit seinem Paulo-Afonso-Kraftwerk: Hier entsteht heute ein modernes Industriezentrum mit Anlagen zur Fabrikation von Ammoniak und Stickstoff im *Haber-Bosch*-Verfahren (sehr starker Wärmeverbrauch) sowie für Phosphorsäure, Magnesium, Kupfer und Soda auf elektrolytischem Wege. Gestützt auf die Bauxitvorkommen von Espirito Santo ist ausserdem die Errichtung eines Aluminiumwerkes geplant.

---

106) Die gleiche Ansicht vertritt *N. Grosse, a. a. O.*, S. 24 und 25.

107) Siehe: *H. Brown und G. Johnson,* Non-Military Uses of Nuclear and Thermonuclear Explosion. Zweite Internationale Atomkonferenz, Genf, P/2179.

„Auf lange Sicht wird eine stärkere und billigere Energieverteilung dank der Verwendung von Kernreaktoren tiefe Auswirkungen auf landwirtschaftliche Produktionsmethoden und auf das Landleben im allgemeinen zeigen. Die Gestehungskosten werden gesenkt, die Arbeitsbedingungen verbessert, und der Lebensstandard der Landbevölkerung wird gehoben werden können“ [108]. Wendt schreibt weiter: „Sollte es schliesslich gelingen, Kernenergie zu einem Preis zu produzieren, der es erlauben würde, das Meerwasser zu entsalzen und zur Bewässerung zu verwenden, so kann man sich ein Bild des *‚revolutionierenden Effektes‘* machen, den eine solche Entdeckung durch die Nutzbarmachung weiter halbkahler oder wüstenartiger Gebiete hervorrufen würde“ [109].

Halbkahle und wüstenartige Gebiete befinden sich im Nordosten Brasiliens, der mit 18 Millionen Einwohnern relativ dicht besiedelt ist. Die hier auftretenden schweren Dürren zählen zu einem der grössten nationalen Probleme. Bei *Bürger* kann man über die Dürrejahre nachlesen: „Sie bilden namentlich für Ceará, Piauí und Pernambuco eine schreckliche Heimsuchung. Dann nimmt das Land das Aussehen einer nackten steinigen Fläche an, auf der man nicht einmal ein verdorrtes Blatt gewahrt, denn der anhaltende Wind hat alles in Staubwolken davon gewirbelt. Der Hunger schwingt seine Geissel, der Auszug der Bevölkerung hebt an. Scharen von Flüchtlingen überschwemmen die Strassen nach den nächsten Eisenbahnstationen, nach den Städten der Küste und des höheren Gebirges. Eine zerlumpte und verhungerte Menschenmasse, die sich im höchsten Stadium des Elends befindet, drängt sich an Lebensmittelpunkten zusammen, welche aber den furchtbaren Mangel zu steuern, nicht ausreichen. Seuchen verbreiten sich mit rasender Schnelligkeit. Die Ordnung hört auf, Eigentum und Gesetze werden nicht mehr respektiert“ [110].

Diese Worte, 1926 geschrieben, besitzen auch heute noch ihre volle Gültigkeit. Die vor der Trockenheit oder vor den nachfolgenden Überschwemmungen flüchtenden *„nordestinos“* führen zu einer riesigen Wanderungsbewegung, die von Nord nach Süd, aber auch wieder zurück verläuft. Statistisch sind die Migrationswellen nicht genau erfasst. Man rechnet aber, dass innerhalb Brasiliens jährlich rund 2 Millionen Menschen über grössere Entfernungen wandern, was allerdings zu einem guten Teil auch darauf zurückzuführen ist, dass die Südamerikaner ganz allgemein stark dazu neigen, Beruf und Arbeitsort häufig zu wechseln [111]. Überdies

108) *G. Wendt,* Die friedliche Verwendung der Kernenergie, a. a. O., S. 121.
109) Ebenda, S. 121.
110) *O. Bürger,* Brasilien, Leipzig 1926, S. 53.
111) Über die Bevölkerungswanderungen in Brasilien liegt jetzt eine ausgezeichnete Studie vor: *V. Torres,* Movimentos migratórios das populações rurais brasileiras, São Paulo 1957.

ziehen die Grossstädte mit ihren Industrielöhnen und den Vergnügungsmöglichkeiten zu einem hohen Prozentsatz die Landbevölkerung an [112].

Dem Exodus von Menschen und Tieren aus den nordöstlichen Dürregebieten kann durch den Einsatz von Atomenergie entgegengewirkt werden. Das Problem der Gewinnung von Süsswasser aus Meerwasser ist gelöst; die Mehrstufen-Destillations-Verfahren und die Elektrodialyse sind aus wirtschaftlicher Sicht vorerst aber noch nicht vollbefriedigend. „Nunmehr soll auch die Atomenergie für die Meerwasserentsalzung erprobt werden" [113].

Gelingt es, auch dieses Problem zu wirtschaftlichen Bedingungen zu lösen [114], dann kann man damit rechnen, dass entsalztes Wasser durch Kanäle — sie lassen sich mit den heutigen Maschinen rasch und billig erstellen — gepumpt wird, um Felder zu bewässern, oder durch Rohrleitungen zur Trinkwasserversorgung von Städten geführt wird. In den küstenfernen Gebieten schliesslich können mit Atomstrom betriebene Motoren dazu dienen, um Wasser aus tiefliegenden unterirdischen Quellen hervorzupumpen.

Der krasse Gegensatz zweier wirtschaftlich völlig ungleicher Landesteile wird sich auch durch die zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten der Atomenergie in der Land-, Ernährungs- und Forstwirtschaft mildern lassen [115]. „Auf dem Agrarsektor und im Forst- und Holzsektor wird vor allem mit radioaktiven Isotopen gearbeitet. Sie werden als Indikator- oder Spürstoffe zur Markierung angewendet, z. B. auf den Gebieten der Bodenkunde, des Pflanzenbaues und der Saatguterzeugung, der Pflanzenernährung, der Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschädlinge, der Tierernährung, der Tierseuchen und der Landtechnik; weiter auch auf dem

---

112) Zum speziellen Problem der Landflucht in Brasilien siehe: *J. F. de Camargo,* Wirtschaftliche Aspekte der Landflucht in Brasilien, in: Staden-Jahrbuch, Bd. 6, São Paulo 1958; ferner: *F. Bayerlein,* Brasiliens Landwirtschaft am Scheideweg, in: Wirtschaftsdienst, Heft 2, Hamburg 1953; und: *E. Rauch,* Gehemmte Entwicklung der brasilianischen Landwirtschaft, Sonderdruck aus der „Agrarpolitischen Revue", Heft 6/7, Zürich 1955.

113) Trinkwasser aus dem Meer, in Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 18. Oktober 1960.

114) Durch die *„Fluor Corp."* (USA) wird im Auftrag des Staates Kalifornien und des amerikanischen Innenministeriums an einer Anlage gearbeitet, die mit Hilfe eines Siedewasserreaktors Meer- und Brackwasser zu nur 0,50 $ pro Gallone (gegenüber 2 bis 3 $ in derzeit arbeitenden konventionellen Anlagen) entsalzen und aufbereiten soll.

115) Obwohl es auf diesem weiten Gebiet noch viele unabgeklärte Probleme zu lösen gibt, sollte von Brasilien die Entwicklung genau verfolgt werden. Im forcierten Industrialisierungsprozess der letzten Jahrzehnte ist die Landwirtschaft stark vernachlässigt worden, was sich auch bereits in der beschränkten Aufnahmefähigkeit der Agrargebiete für die industriellen Erzeugnisse des Landes bemerkbar macht.

Gebiet der forstlichen Bodenkunde, der Holzchemie, der Holzbiologie, der Holzphysik und der Technologie des Holzes“ [116].

Auch radioaktive Strahlen finden zunehmende Anwendungsmöglichkeiten: Sie dienen insbesondere zur Konservierung von Fleisch und Fisch durch Sterilisation und zum Schutz gegen Parasiten in gelagerten Lebensmitteln. Beispielsweise werden Trichinen im Schweinefleisch vernichtet, die Keimung der Speisekartoffeln verhindert, Kornkäfer und Milben im Getreide unschädlich gemacht u. a. m.

Einen der wichtigsten Beiträge der Atomwissenschaft zur Förderung der Landwirtschaft stellen die Mutationsmöglichkeiten bei Pflanzen und Tieren mit Röntgenstrahlen dar. Genmutationen, durch die neue und bessere Varietäten hervorgebracht werden, sind heute in Schweden am weitesten entwickelt.

116) *W. Trost,* Die Anwendung der Atomenergie in Land-, Ernährungs- und Forstwirtschaft, in: Berichte über Landwirtschaft, Hamburg und Berlin 1958, S. 866 ff.

VI. Schlussbemerkungen

Vom Standpunkt der Energiepolitik aus, besonders im Hinblick auf die energiewirtschaftliche Erschliessung des Landesinnern, stellt die Eingliederung der Atomkraft in die Energiestruktur Brasiliens eine volkswirtschaftliche Notwendigkeit dar. Obwohl hierfür ein langfristiges, genau festgelegtes Konzept vorläufig fehlt (das vorhandene Konzept reicht über das Mambucaba-Atomprojekt nicht hinaus), ist doch anscheinend von den verantwortlichen Regierungsstellen richtig erkannt worden, dass die Atomnutzung in ihrem gegenwärtigen Entwicklungsstadium nicht mit der marktwirtschaftlichen Elle zu messen ist. Wie uns im *Instituto de Engenharia* von São Paulo mitgeteilt wurde, sollen zwar die dort gehaltenen Vorträge der ersten aus den USA zurückgekehrten, fertig ausgebildeten brasilianischen Atomphysiker bewirkt haben, dass bereits verschiedene bedeutende Energieversorgungsunternehmen (ihre Namen wurden uns nicht genannt) ihre mittel- und langfristigen Projekte für konventionelle Kraftwerksbauten abstoppten, um die Möglichkeiten des Baues von Atomkraftwerken innerhalb ihrer Konzessionsgebiete zu prüfen. Teilweise hofft man dabei im stillen auch, Atomenergieanlagen im Rahmen amerikanischer Hilfs- und Freundschaftsprogramme geschenkt oder zumindest sehr langfristig kreditiert zu bekommen.

Falls die Eingliederung der Atomenergie in die Energiestruktur Brasiliens aber rasch erfolgen soll — und das ist zur Behebung der chronischen Energieknappheit und zur Vermeidung von noch grösseren Krisen unbedingt erforderlich —, bedarf es umfangreicher Staatshilfen. Denn es ist klar, dass von Elektrizitätsunternehmen Brasiliens, insbesondere von denen, die im Binnenland unter unrentablen Bedingungen mit holz- und zuckerrohrgefeuerten Dampfkraftwerken arbeiten, nicht erwartet werden kann, dass sie sich über ihre privatwirtschaftlichen Schranken hinwegsetzen, um zum Wohl und Nutzen der Volkswirtschaft Investitionen zu übernehmen, die ihre ohnehin geschwächte Eigenfinanzierungskraft bei weitem übersteigen würden. Schon die unvergleichlich hohen Risiken setzen der privaten unternehmerischen Tätigkeit auf dem Gebiet der Atomenergienutzung verhältnismässig enge Grenzen. Zum mindesten müsste hier die öffentliche Hand durch Garantieverträge einen Teil der ausserordentlich hohen Risiken abdecken. Näheres über solche Risikogarantien oder eine mögliche Beteiligung des Staates am Bau privater Atomkraftwerke ist jedoch zur Zeit nicht bekannt.

LITERATURVERZEICHNIS

Bücher und Broschüren

Angelopoulos, A., O átomo unirá o mundo?, Rio de Janeiro 1956.

Bürger, O., Brasilien, Leipzig 1926.

CNEN, A Nuclear Power Project in Brazil's Central-Southern Region, Rio de Janeiro 1959, unveröffentlichte Studie.

Companhia Siderúrgica Paulista, Memorial sôbre a instalação de uma usina siderúrgica em Piassaguera, Município de Cubatão, Estado de São Paulo, 1954.

Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari, Un Piano Quinqennale per lo Sviluppo delle Ricerche Nucleari in Italia, Roma 1958.

Cremer, M. A., Coal Market of Brazil, Supplement to Commerce Reports, published by the Bureau of Foreign and Domestic Commerce, Washington 1924.

da Rocha Diniz, O., A estrutura e o desenvolvimento econômico do Brasil, São Paulo 1957.

de Oliveira, E., História da pesquisa do petróleo no Brasil, Rio de Janeiro 1940.

Departamento de Aguas e Energia Elétrica, Plano de eletrificação do Estado de São Paulo, São Paulo 1955.

Deutsch-Südamerikanische Bank, Wirtschaftsbericht Brasilien Nr. 42, Hamburg 1956.

Dias Carneiro, O. A., Aspectos econômicos do aproveitamento industrial da energia atómica, Rio de Janeiro 1955.

– The Mambucaba Nuclear Power Project in Brasil's Central-Southern Region, Paper T/030, Third Inter American Symposium on the Peaceful Application of Nuclear Energy, Rio de Janeiro 1960.

Documentos Parlamentares, Plano do carvão nacional I e II, Projeto Nr. 1.045/51, Diretoria de Documentação e Publicidade 1956.

Dunlop, C. J., Apontamento para a história dos bondes no Rio de Janeiro, Rio de Janeiro 1953.

ECLA, United Nations, The Economic Development of Brazil, Appendix V, „Projection of the Demand for Energy in Brazil, E/CN 12/364 Add. 5, 1955.

Fischer, G., L'Energie Atomique et les Etats-Unis, Paris 1957.

Guilherme, O., O Brasil e a era atômica, Rio de Janeiro 1957.

Guth, W., Kapitalexport in unterentwickelte Länder, Basel, Tübingen 1957.

IBGE – Conselho Nacional de Estatística, Anuários estatísticos do Brasil.

Institut für Weltwirtschaft Kiel, Stahlwirtschaftliche Länderberichte, Heft 3: Brasilien, Kiel 1955.

Kapp, K. W., Volkswirtschaftliche Kosten der Privatwirtschaft, Tübingen, Zürich 1958.

Lewis, W. A., Die Theorie des wirtschaftlichen Wachstums, Tübingen, Zürich 1956.

Loeb, G. F., Industrialization and Balanced Growth with Special Reference to Brazil, (Dissertation) Groningen, Djakarta 1957.

Münzinger, F., Atomkraft, Der Bau von Atomkraftwerken und seine Probleme, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1957.

National Planning Association, Productive Uses of Nuclear Energy, Report on: Nuclear Power and Economic Development in Brazil, by *Stefan H. Robock,* Washington 1957.

Netschert and Schurr, Atomic Energy Applications with Reference to Underdeveloped Countries, Baltimore 1958.
Oliveira, G. M., Carvão mineral do Paraná, Boletim 94 da D. F. P. M. 1953.
Petrobrás, Relatório das atividades de 1957, 1958, 1959.
Presidência da República, Conselho do Desenvolvimento, Programa de metas, Rio de Janeiro 1959.
— Conselho do Desenvolvimento, Plano de desenvolvimento econômico, Rio de Janeiro 1957.
— Conselho do Desenvolvimento, Relatório do grupo de trabalho encarregado da revisão da legislação da energia elétrica, documento nr. 7, Rio de Janeiro 1956.
— Conselho Nacional de Pesquisas, Energia atômica — Atos legais brasileiros, Rio de Janeiro 1958.
Putzer, H., Mineralmacht Brasilien, São Paulo 1956.
Robock, St. H., Projeto de planejamento global para o Nordeste do Brasil, Fortaleza 1955.
Rümler, F.-J., Wirtschaftliche Probleme bei der Aufstellung von Energiebilanzen und bei der Vorausschätzung des Energiebedarfs, München 1960.
Schurr, S., and Marschak, J., Economic Aspects of Atomic Power, Princeton 1950.
Siegel, S.; Carter, R.; Bowman, F. E.; Hayward, R. B., Technology of the Sodium-Graphite-Reactor. Peaceful Uses of Atomic Energy, Vol. IX, New York: United Nations 1956.
Staley, E., The Future of Underdeveloped Countries, New York 1954.
Staub, H. F., Über Ziele und Möglichkeiten einer europäischen Energiepolitik, Dissertation Basel 1960.
Torres, V., Movimentos migratórios das populações rurais brasileiras, São Paulo 1957.
United Kingdom Atomic Energy Authority, The Technology on the Gas-Cooled Power Reactor and Related Subjects, London 1958.
Weber, W., Österreichs Energiewirtschaft, Wien 1957.
Wendt, G., Die friedliche Verwendung der Kernenergie, Frankfurt am Main 1957.
White, I. C., Studies of the Coal Mines of Southern Brazil 1904—1906, Departamento Nacional da Produção Mineral, Ministerio da Agricultura, Rio de Janeiro 1908.
Zur Ökonomik und Technik der Atomzeit, Herausgeber *H. W. Zimmermann,* im Auftrag der List Gesellschaft e. V., Tübingen 1957.

Artikel aus Sammelbänden, Zeitschriften und Zeitungen

A industria extrativa do carvão, in: Desenvolvimento e Conjuntura, Nr. 8, Aug. 1958.
Bayerlein, F., Brasiliens Landwirtschaft am Scheideweg, in: Wirtschaftsdienst, Heft 2, 1953.
Berenhauser, C., Influência de Paulo Afonso no desenvolvimento econômico do Nordeste, in: Digesto Econômico, Nr. 104, 1953.
Borba, T., Bahia, Economia de mais de US $ 6 milhões, in: Observador Econômico e Financeiro, August 1956.
Braga, O., O petróleo brasileiro, in: Digesto Econômico, April 1952.
Brown, H., und *Johnson, G.,* Non-Military Uses of Nuclear and Thermo-Nuclear Explosion, Zweite Internationale Atomenergiekonferenz Genf, P/2179.
Cotinco, Companhia de Organização Técnica, Industrial e Comercial, Wirtschaftsberichte aus Brasilien (erscheinen wöchentlich).

de Camargo, J. F., Wirtschaftliche Aspekte der Landflucht in Brasilien, in: Staden-Jahrbuch, Bd. 6, São Paulo 1958.
de Souza Dantas, M., Um alvitre para maior rapidez na solução do problema do petróleo brasileiro, in: Digesto Econômico, Januar/Februar 1955.
Desenvolvimento — Maior consumo de energia, in: Desenvolvimento e Conjuntura, März 1958.
Dias Carneiro, O. A., Programa nacional de energia nuclear, in: Revista do Conselho Nacional de Economia, Juli/August 1959.
Eversheim, P., Aluminium im Reaktorbau, in: Die Atomwirtschaft, April 1959.
Finke, W., Die Entwicklung von Leistungsreaktoren in den USA in: Die Atomwirtschaft, Juli und Oktober 1958.
Gonçalves, A. D., O ouro. Onde elle existe e é esplorado no Brasil (alte bras. Schreibweise), in: Publ. Arch. Nac. 1936.
Grosse, N., Überlegungen zum Thema „Standort- und raumpolitische Möglichkeiten der Kernenergieverwendung", in: Mitteilungen der List Gesellschaft, Fasc. 3, Nr. 1.
Hardung-Hardung, H., Kernbrennelemente und Kilowattstundenpreise, in: Die Atomwirtschaft, Juni 1959.
Hardung-Hardung, H., und Matz, G., Reaktorbau-, -betriebs- und -brennstoffe, in: Die Atomwirtschaft, August/September 1958.
Junkermann, W., Wann werden Atomkraftwerke wirtschaftlich?, in: Die Atomwirtschaft, März 1958.
Junqueira Aires, A., A eletricidade no Brasil, in: Digesto Econômico, Mai 1954.
Knecht, T., Das Goldvorkommen des Pitanguy Distrikts im östlichen Minas Gerais, in: Zeitschrift für praktische Geologie 1928.
Koeck, W., Struktur und Dynamik der Atomwirtschaft, in: Die Atomwirtschaft, April 1960.
— Das Atom als Wirtschaftsfaktor, in: Die Atomwirtschaft, April 1958.
Leinz, V., Einige wenig bekannte Bodenschätze Brasiliens, in: Staden-Jahrbuch Bd. 2, São Paulo 1954.
Lipkau, E. G., Der Weg der brasilianischen Industrie, in: Staden-Jahrbuch, Bd. 6, São Paulo 1958.
Magalhaes, L., O petróleo boliviano e a economia brasileira, in: O Cruzeiro vom 19.9.1959.
Matz, G., Die Atomwirtschaft braucht neuartige Werkstoffe, in: Die Atomwirtschaft, April 1958.
O Brasil na era atômica, in: Estado de São Paulo vom 27.4.1956.
Putzer, H., Camadas de carvão mineral e seu comportamento no Sul de Santa Catarina, Departamento Nacional da Produção Mineral, Bol. 91, 1952.
Rauch, E., Gehemmte Entwicklung der brasilianischen Landwirtschaft, in: Agrarpolitische Rundschau, Heft 6/7, 1955.
Regul, R., Energieprognosen, ihre Grenzen und ihr Nutzen, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 7.3.1959.
Revista „Light", Número especial, Rio de Janeiro 1955.
Richers, R., Vom Wesen der brasilianischen Zahlungsbilanz, in: Staden-Jahrbuch Bd. 5, São Paulo 1957.
Roddis jr., L. H., Das Ratespiel um die Atomstromkosten, in: Die Atomwirtschaft, Juni 1959.
Salin, E., La energia nuclear, nueva etapa de la revolución industrial, in: Es Trimestre Economico (Mexico), Vol. XXIII, Juli/September 1956, spanische Übersetzung von:
— Vor einer neuen Etappe der industriellen Revolution, in: Kyklos, Vol. VIII, fasc. I, 1955.

Salin, E., Über die Notwendigkeit langfristiger Energiepolitik, in: Wirtschaftsfragen der freien Welt, Festschrift zum 60. Geburtstag von Bundeswirtschaftsminister Ludwig Erhard, Frankfurt am Main 1957.

Schmid-Amelung, K., Organisation und Anlagen des Auslandes auf dem Gebiet der Atomenergie, in: Atomenergie, Wege zur friedlichen Anwendung (herausgegeben von der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke — VDEW e. V.), Frankfurt am Main 1956.

Silva Pinto, M., Plano nacional do carvão, in: Digesto Econômico Nr. 83, 1950/1951.

Steinert, H., Auf dem Wege zum Welt-Uranmarkt, in: Die Atomwirtschaft, Februar 1957.

Transformadores nacionais para o plano nacional de eletrificação, in: Diário de São Paulo vom 1.8.1957.

Trinkwasser aus dem Meer, in: Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 18.10.1960.

Trost, W., Die Anwendung der Atomenergie in Land-, Ernährungs- und Forstwirtschaft, in: Berichte über Landwirtschaft, Hamburg und Berlin 1958.

LEBENSLAUF

Ich, Klaus Günther Ernst Adolf Paulùs aus São Paulo/Brasilien, wurde am 4. März 1934 als erster Sohn des Architekten und Regierungsbaumeisters a. D. Dr. Ing. Günther Paulus und seiner Ehefrau Irmgard geb. Heydenreich in Berlin geboren.

Im Alter von 2 Jahren kam ich erstmals nach Brasilien, wo die Familie meiner Mutter bereits seit 1880 ansässig ist, und wo inzwischen auch die Familie meines Vaters eine neue Heimat gefunden hat. Ich besuchte bis zur Matura im Jahre 1954 das Colégio Visconde de Pôrto Seguro in São Paulo. Im Sommer 1955 begann ich mein volkswirtschaftliches Studium an der Universität Freiburg im Breisgau. Zum Sommersemester 1956 ging ich nach Österreich an die Universität Innsbruck und im darauffolgenden Wintersemester nach München, um hier vor allem die Vorlesungen der Herren Professoren Maunz, Preiser und Rössle zu hören. Ab Sommersemester 1957 studierte ich an der Universität Basel und besuchte die Vorlesungen und Seminarien der Herren Professoren von Beckerath, Bombach, Guth, Imboden, Möller, Salin, Spiro und Weber. Unter Leitung von Herrn Professor Dr. Edgar Salin entstand meine Dissertation.

Zur Zeit bekomme ich eine vollständige bankpraktische Ausbildung beim Sitz Zürich des Schweizerischen Bankvereins.

Gedruckt in Westdeutschland